

# Verbetering randvoorwaardenmodel

## DEELRAPPORT 1: GEVOELIGHEIDSANALYSE

753\_09 WL Rapporten

# Verbetering randvoorwaardenmodel

## Deelrapport 1: gevoeligheidsanalyse

Vanlede, J.; Decrop, B.; De Clercq, B.; Ides, S.; De Mulder, T.; Mostaert, F.

November 2008

WL2008R753\_09\_rev2\_0

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Vanlede, J.; Decrop, B.; De Clercq, B.; Ides, S.; De Mulder, T.; Mostaert, F. (2008). Verbetering randvoorwaardenmodel - Deelrapport 1: gevoeligheidsanalyse. WL Rapporten, 753\_09. Waterbouwkundig Laboratorium & IMDC: Antwerpen, België



**Waterbouwkundig Laboratorium**

*Flanders Hydraulics Research*

Berchemlei 115

B-2140 Antwerpen

Tel. +32 (0)3 224 60 35

Fax +32 (0)3 224 60 36

E-mail: [waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be](mailto:waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be)

[www.watlab.be](http://www.watlab.be)

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaandelijke schriftelijke toestemming van de uitgever.

## Documentidentificatie

Titel:	Verbetering randvoorwaardenmodel. Deelrapport 1: gevoeligheidsanalyse		
Opdrachtgever:	WL	Ref:	WL2008R753_09_rev2_0
Keywords (3-5):	Hydrodynamics; Model; Sensitivity Analysis		
Tekst (p.):	28	Tabellen (p.):	
Bijlagen (p.):	89	Figuren (p.):	
Vertrouwelijk:	<input type="checkbox"/> Ja	Uitzondering:	<input type="checkbox"/> Opdrachtgever
			<input type="checkbox"/> Intern
			<input type="checkbox"/> Vlaamse overheid
	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	Vrijgegeven vanaf	

## Goedkeuring

Auteur	Projectleider	Afdelingshoofd
Vanlede Joris Declercq Bob Decrop Boudewijn	Vanlede Joris	Mostaert Frank

## Revisies

Nr.	Datum	Omschrijving	Auteur	Projectleider	Revisor
1_0	07-08-2008	Concept	Decrop, B.; Declercq, B.; Vanlede, J.	Vanlede, J.	Ides, S.
2_0	05-11-2008	Definitief	Decrop, B.; Declercq, B.; Vanlede, J.	Vanlede, J.	Ides, S.

## Abstract

Naar aanleiding van het project "753\_9 Verbetering randvoorwaardenmodel" wordt een actualisatie doorgevoerd van het bestaande instrumentarium van modellen van de Westerschelde, Zeeschelde en bovenlopen met tijwerking (cf. NEVLA-model). Ter voorbereiding van deze modelkalibratie wordt in dit rapport een gevoeligheidsonderzoek uitgevoerd met als doel kennis op te bouwen over de invloed op de modelresultaten van de verschillende modelinstellingen, bodemligging, randvoorwaarden, etc.

De opbouw van het rekenrooster is van groot belang in de Zeeschelde en het Ruppelbekken zodat een correcte doorstroming bekomen wordt bij ebsituaties. Anders treden artificieel hoge waterpeilen op. Hieraan gerelateerd is de opbouw van de gebruikte bathymetrie waarbij belangrijke keuzes dienen gemaakt te worden omtrent hoe lodingsgegevens worden vertaald naar bodemdieptes op het rekenrooster.

De temporale variatie van de bovendebieten kan eveneens een grote invloed hebben op de debieten en snelheden in de Zeeschelde.

Het ruwheidsveld bleek van uitermate belang te zijn om de gradiënt van de harmonische componenten langsheen het Schelde-estuarium te beïnvloeden. De gevoeligheid hiervan, gekoppeld aan de geografische invloeden, werd geïdentificeerd.

## Inhoudstafel

<b>Inhoudstafel .....</b>	<b>I</b>
<b>Lijst van de tabellen .....</b>	<b>II</b>
<b>Lijst van de figuren .....</b>	<b>III</b>
<b>1 Inleiding.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Eenheden en referentiestelsels .....</b>	<b>2</b>
<b>3 Gebruikte afkortingen .....</b>	<b>3</b>
<b>4 Beschikbare gegevens.....</b>	<b>4</b>
4.1 Waterstanden.....	4
4.2 Bovendebieten .....	5
4.3 Spuikanaal te Bath.....	5
<b>5 Methodologie .....</b>	<b>6</b>
<b>6 Gevoeligheidsanalyse.....</b>	<b>8</b>
6.1 Roosteraanpassingen .....	8
6.2 Bathymetrie .....	11
6.3 Randvoorwaarden.....	15
6.4 Bodemruwheid .....	18
<b>7 Conclusies .....</b>	<b>26</b>
<b>8 Referenties .....</b>	<b>28</b>

**Bijlage A: Figuren**

**Bijlage B: Statistische parameters**

**Bijlage C: Harmonische componenten metingen**

**Bijlage D: Harmonische componenten simulaties**

## Lijst van de tabellen

Tabel 1 - Gebruikte afkortingen.....	3
Tabel 2 - Beschikbare waterstandsgegevens voor 2006 .....	5
Tabel 3 - Amplitudes van enkele belangrijke harmonische componenten langsheen het Schelde- estuarium .....	6
Tabel 4 - Gemiddelde fout langsheen het Schelde-estuarium voor enkele harmonische componenten ...	7
Tabel 5 - Overzicht van de runs om de invloed van verschillende roosters na te gaan .....	8
Tabel 6 - Overzicht van de runs om de modelgevoeligheid aan bodeminterpolatie na te gaan .....	11
Tabel 7 - Overzicht van uitgevoerde runs met betrekking tot gevoeligheid aan kwaliteit van randvoorwaarden .....	16
Tabel 8 - Overzicht van de uitgevoerde runs in het gevoeligheidsonderzoek naar bodemruwheid. ....	19
Tabel 9 - Beschrijving van de deelgebieden aan de hand van de macrocellen waaruit zij bestaan. ....	20
Tabel 10 - Gebruikte ruwheidsinstellingen ter vergelijking van drie courante formuleringen .....	21

## Lijst van de figuren

Figuur 1 - Posities uitvoerpunten .....	A1
Figuur 2 - Effect van aanpassing van de enclosure. Boven: rekenrooster met afwaartse rand te Cadzand – Westkapelle. Onder: rekenrooster met afwaartse rand in zee .....	A2
Figuur 3 - Bathymetrie in het Ruppelbekken voor A00 (boven) en A01b (onder) .....	A3
Figuur 4 - Bathymetrie in de Grote Nete voor A00 (boven) en A02 (onder).....	A4
Figuur 5 - Bathymetrie in de Boven Zeeschelde voor A00 (boven) en A03c (onder).....	A5
Figuur 6 - Zoet water bovenafvoer in het Scheldebekken voor 2006 (bron: Waterbouwkundig Laboratorium, cel hydrometrie) .....	A6
Figuur 7 - Zoetwateraanvoer in Bath voor 2006 (bron: Rijkswaterstaat Zeeland).....	A7
Figuur 8 - Uitvoerradii Westerschelde.....	A8
Figuur 9 - Uitvoerradii Zeeschelde Zandvliet - Schelle .....	A9
Figuur 10 - Vereenvoudiging van het rooster in het Rupelbekken. Rooster A00 (rood) en rooster A01b (groen).....	A10
Figuur 11 - Roosteraanpassing in het Rupelbekken. Rooster A02 (rood) en rooster A00 (groen). Dijle (boven), Grote Nete (onder).....	A11
Figuur 12 - Roosteraanpassing in het Rupelbekken. Rooster A02 (rood) en rooster A00 (groen). Kleine Nete (boven), Zenne (onder).....	A12
Figuur 13 - Roosteraanpassingen in de Boven Zeeschelde. Rooster A03 (rood) en rooster A00 (groen). .....	A13
Figuur 14 - Roosteraanpassingen in de Boven Zeeschelde. Rooster A03 (rood) en rooster A00 (groen). Detail St Amands (boven) en detail Uitbergen (onder) .....	A14
Figuur 15 - Roosteraanpassingen in de Boven Zeeschelde. Rooster A03 (rood) en rooster A00 (groen). Detail schor aan de Rupelmonding. ....	A15
Figuur 16 - Afknippen van overstromingsgebieden. Rooster A07(groen) en A07b (rood). De blauwe vierkanten geven de zones aan waarbinnen figuur 28 en figuur 29 zijn gemaakt. ....	A16
Figuur 17 - Gesimuleerde waterstanden te Hoboken .....	A17
Figuur 18 - Gemeten en gesimuleerde waterstanden te Kessel.....	A18
Figuur 19 - Modelbathymetrie en gesimuleerde snelheden in de omgeving van Kessel (Grote Nete). Bathymetrie identiek voor simA00 en simA03c.....	A19
Figuur 20 - Modelbathymetrie en gesimuleerde snelheden in de omgeving van Kessel (Grote Nete). Bathymetrie identiek voor simA02 en simA07.....	A20
Figuur 21 - Gemeten en berekende waterstand te Walem. ....	A21
Figuur 22 - Gemeten en berekende waterstand te Temse. ....	A22
Figuur 23 - Gemeten en berekende waterstand te St Amands.....	A23
Figuur 24 - Gemeten en berekende waterstand te Schoonaarde.....	A24
Figuur 25 - Gemeten en berekende waterstand te Wetteren.....	A25
Figuur 26 - Bathymetrie en gemodelleerde waterstand in de omgeving van Uitbergen. Oorspronkelijke schematisatie (NEVLA) .....	A26
Figuur 27 - Bathymetrie en gemodelleerde waterstand in de omgeving van Uitbergen. Verbeterde schematisatie (Verelst et al., 2008).....	A27
Figuur 28 - Ongewenste instroming in een potentieel overstromingsgebied tussen Walem en Boom. SimA07, waterstand (kleur en waarden) en snelheid in waterstandspunten (pijl-tjes). Situatie rond HW .....	A28
Figuur 29 - Ongewenste instroming in een potentieel overstromingsgebied tussen Temse en Schelle. SimA07, waterstand (kleur en waarden) en snelheid in waterstandspunten (pijl-tjes). Situatie rond HW .....	A29

Figuur 30 - Invloed van het wegsnijden van potentiële overstromingsgebieden op de waterstand (simA07 vs simA07b) in Antwerpen .....	A30
Figuur 31 - Invloed van het wegsnijden van potentiële overstromingsgebieden op de waterstand (simA07 vs simA07b) in Schoonaarde. ....	A31
Figuur 32 - Invloed van het wegsnijden van potentiële overstromingsgebieden (simA07 vs simA07b) op de M2 component van de waterstand. ....	A32
Figuur 33 - Box_Rupelbekken.dep.....	A33
Figuur 34 - BovenZeeschelde_Durme_alle_samples.xyz.....	A34
Figuur 35 - bez0405new_nap_rds_001.xyz en bez0405new_nap_rds_002.xyz .....	A35
Figuur 36 - Westerschelde2006.xyz.....	A36
Figuur 37 - Bathy2003_Platten_001.xyz .....	A37
Figuur 38 - Bathy2003_Monding_001.xyz .....	A38
Figuur 39 - KustBelg_Nederl.dep.....	A39
Figuur 40 - Afbakening van de intertidale gebieden (groen) volgens droogvalcriterium .....	A40
Figuur 41 - Principe van gebiedsafbakening waarbinnen samples worden gemiddeld .....	A41
Figuur 42 - Verschilbathymetrie B01-B06: Beneden Zeeschelde - Positieve waarden duiden op een diepere bathymetrie B06 .....	A42
Figuur 43 - Verschilbathymetrie B01-B06: Boven Zeeschelde - Positieve waarden duiden op een diepere bathymetrie B06 .....	A43
Figuur 44 - Cumulatieve hypsometrische curve voor het hele estuarium. ....	A44
Figuur 45 - Stapsgewijze hypsometrische curve voor het hele estuarium relatief ten opzichte van de bodem van B01 (groter dan 1 is dieper dan B01). ....	A45
Figuur 46 - Stapsgewijze hypsometrische curve voor de Westerschelde (boven) en de Zeeschelde (onder), relatief ten opzichte van de bodem van B01 (groter dan 1 is dieper dan B01).....	A46
Figuur 47 - Convexe en concave bodemvormen. ....	A47
Figuur 48 - M2 amplitude en fase en M4 amplitude voor runs B01-B05.....	A48
Figuur 49 - Bathymetrie en gesimuleerde snelheid bij maximum eb voor runs B01 (boven) en B03 (onder).....	A49
Figuur 50 - M2 en M4 amplitude van runs B01 en B06.....	A50
Figuur 51 - M2, M4 en M6 amplitude van runs B01, B07(verdiepte intergetijdegebieden) en B08 (verondiepte intergetijdegebieden).....	A51
Figuur 52 - Gemeten debiet in de stuw van Merelbeke (IMDC, 2002).....	A52
Figuur 53 - Boven: Vergelijking gemeten debiet te Merelbeke en afgeleid debiet uit metingen te Melle. Onder: Effect van tijdsmiddeling op de waargenomen debieten bij het instellen van opwaartse randvoorwaarden in Simona: middeling over één uur en één dag. De ruwe data is opgemeten elke 5 minuten. ....	A53
Figuur 54 - Windkarakteristieken september 2006: uurlijkse windsnelheid (m/s) bovenaan en windrichting (° azimuth) onderaan.....	A54
Figuur 55 - Waterstand te Schoonaarde voor simulaties C00, C01, C02 en C03.....	A55
Figuur 56 - Waterstand te Wetteren voor simulaties C00, C01, C02 en C03.....	A56
Figuur 57 - Momentaan debiet te Schoonaarde en Wetteren voor simulaties C00, C01, C02 en C03 van 1 tot 5 juli 2002. ....	A57
Figuur 58 - Verschilplot te Wetteren en Schoonaarde voor simulaties C00, C01, C02 en C03.....	A58
Figuur 59 - Verschilplot te Dendermonde en Temse voor simulaties C00, C01, C02 en C03 .....	A59
Figuur 60 - Het geulensysteem in de Westerschelde met aanduiding van de macrocellen gevormd door de eb- en vloedgeulen.....	A60
Figuur 61 - Opdeling van het modeldomein in 10 deelgebieden voor de gevoeligheidsanalyse voor ruwheid.....	A61
Figuur 62 - Manning-ruwheid bij run D23.....	A62
Figuur 63 - Manning-ruwheid bij run D24 .....	A63
Figuur 64 - Manning-ruwheid bij run D25.....	A64



Figuur 65 - Vergelijking van de M2 (boven) en M4 (onder) amplitude bij verschillende uniforme Manning-ruwheid (simB01: 0.022; simD00: 0.025; simD26: 0.028) .....	A65
Figuur 66 - Vergelijking van de M6 amplitude bij verschillende uniforme Manning-ruwheid (simB01: 0.022; simD00: 0.025; simD26: 0.028).....	A66
Figuur 67 - M2 (boven) en M4 (onder) fase bij verschillende uniforme Manning-ruwheid (simB01: 0.022; simD00: 0.025; simD26: 0.028).....	A67
Figuur 68 - Faseverschuiving tussen M2 en M4 (boven) en de M4/M2 amplitudeverhouding (onder). A68	
Figuur 69 - Vergelijking van M2 amplitude bij verandering van de bodemruwheid in het gebied Hansweert tot de Schaar van de Noord (boven) en tussen Vlissingen en Hoofdplaat (onder).....	A69
Figuur 70 - Vergelijking van M2 amplitude bij verandering van de bodemruwheid in de Beneden Zeeschelde (boven) en in de Boven Zeeschelde (onder). ....	A70
Figuur 71 - Vergelijking van M4 amplitude bij verandering van de bodemruwheid in zone 2 (boven) en in zone 6 (onder).....	A71
Figuur 72 - Vergelijking van M4 amplitude bij verandering van de bodemruwheid in de Beneden Zeeschelde (boven) en in de Boven Zeeschelde (onder). ....	A72
Figuur 73 - Vergelijking van M6 amplitude bij verandering van de bodemruwheid in de Beneden Zeeschelde (boven) en in de Boven Zeeschelde (onder). ....	A73
Figuur 74 - Vergelijking van M2 (boven) en M6 (onder) amplitude voor een constante bodemruwheid (D00) en dieptevariabele ruwheid (D23 en D24). Ook een gewijzigde ruwheid in intertidaal gebied is beschouwd (D25). ....	A74
Figuur 75 - Aanduiding van gebieden dieper (grijs) en ondieper (rood) dan -15 mNAP (grijs) in de Westerschelde en Zeeschelde opwaarts Antwerpen. ....	A75
Figuur 76 - Vergelijking van M4 amplitude en de 2M2-M4 faseverschuiving voor een constante bodemruwheid (D00) en dieptevariabele ruwheid (D23 en D24). Ook een gewijzigde ruwheid in intertidaal gebied is beschouwd (D25). ....	A76
Figuur 77 - Vergelijking van de M2 en M4 amplitude de gevoeligheidsanalyse voor drie ruwheidsformuleringen: Chézy ( $C=57 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{-1}$ ), Manning ( $n=0,025 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$ ) en White-Colebrook ( $k_s=0,0685 \text{ m}$ ).....	A77
Figuur 78 - Vergelijking van de M6 amplitude de gevoeligheidsanalyse voor drie ruwheidsformuleringen: Chézy ( $C=57 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{-1}$ ), Manning ( $n=0,025 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$ ) en White-Colebrook ( $k_s=0,0685 \text{ m}$ ).....	A78
Figuur 79 - Faseverschuiving tussen M2 en M4 (onder) en de M4/M2 amplitudeverhouding (boven) bekomen bij de gevoeligheidsanalyse voor drie ruwheidsformuleringen: Chézy ( $C=57 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{-1}$ ), Manning ( $n=0,025 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$ ) en White-Colebrook ( $k_s=0,0685 \text{ m}$ ).....	A79
Figuur 80 - Vergelijking van de Chézy-ruwheid berekend in Delft3D zoals gebruikt bij de gevoeligheidsanalyse. Chézy-coëfficiënten berekend o.b.v. drie ruwheidsformuleringen zijn getoond: Chézy ( $C=57 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{-1}$ ), Manning ( $n=0,025 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$ ) en White-Colebrook ( $k_s=0,0685 \text{ m}$ ) .....	A80
Figuur 81 - Invloed van een 2D en 3D-modelopzet op de M2-amplitude.....	A81
Figuur 82 - Invloed van een 2D en 3D-modelopzet op de faseverschuiving 2M2-M4 en de ratio M4/M2. ....	A82

## 1 Inleiding

In het kader van het project “753\_09: Verbetering randvoorwaardenmodel” wordt een kalibratieslag uitgevoerd op basis van het bestaande instrumentarium van hydrodynamische modellen van de Westerschelde, Zeeschelde en bovenlopen met getijdenwerking. Wegens de uitgestrektheid van het domein en relatief grote complexiteit is parallel rekenen gewenst. Om deze reden zal gewerkt worden met de Simona software.

Deze opdracht kadert (onder andere) in de lopende LTV O&M projecten onder de thema’s “veiligheid” en “toegankelijkheid” van het Schelde-estuarium.

Ter voorbereiding van deze kalibratieslag wordt in dit rapport een gevoeligheidsonderzoek uitgevoerd met als doel kennis op te bouwen over de invloed op de modelresultaten van de verschillende modelinstellingen, bodemligging, randvoorwaarden, etc. Het effect van de aanpassingen zal worden geëvalueerd op de waterstanden, fase en magnitude van de belangrijkste harmonische componenten, debieten, en eb- en vloedgeulverdeling. Hierbij zal steeds een basissimulatie vergeleken worden met een simulatie waarbij slechts één parameter aangepast werd.

De resultaten van de gevoeligheidsanalyse worden gezien als een noodzakelijke input voor het opstellen van een onderbouwd plan van aanpak bij de kalibratie, maar kunnen later ook in andere modeltoepassingen in het Schelde-estuarium hun nut bewijzen.

## 2 Eenheden en referentiestelsels

Tijden zijn uitgedrukt in MET.

Dieptes, hoogtes en, waterstanden zijn uitgedrukt in meter NAP. Dieptes zijn positief naar beneden, waterstanden positief naar boven.

Als horizontaal coördinatensysteem voor de modellen wordt RD Parijs aangehouden.

### 3 Gebruikte afkortingen

ADM	Acoustic Doppler Measurement, een manier om debieten aan de hand van een meetkruis af te schatten.
GGG	Gereduceerd Getijgebied
GOG	Gecontroleerd Overstromingsgebied
HIC	Hydrologisch InformatieCentrum
HMCZ	Hydro Meteo Centrum Zeeland
MET	Mean European Time
MVB	Meetnet Vlaamse Banken
NAP	Normaal Amsterdams Peil
NEVLA	Nederlands Vlaams waterbewegingsmodel (2D)
VHA	Vlaamse Hydrografie Antwerpen

Tabel 1 - Gebruikte afkortingen

## 4 Beschikbare gegevens

### 4.1 Waterstanden

Voor het jaar 2006 zijn in de volgende 45 stations 10-minuutwaarden van waterstand beschikbaar. De gegevens van het HIC en het MVB werden bekomen met de Yaku-applicatie uit de HYDRA databank van het Waterbouwkundig Laboratorium. De gegevens van HMCZ werden verkregen via de web-interface op [www.hmcz.nl](http://www.hmcz.nl).

De ligging van de betreffende stations is weergegeven in figuur 1.

De waterstanden zijn ingevoerd in een Matlab *'Time series collection'* zodat ze makkelijk samen met hun metadata beschikbaar zijn voor een automatische verwerking.

Nr	Meetstation	Databron
1.	Antwerpen	HIC
2.	Baalhoek	HMCZ
3.	Bath	HMCZ
4.	Bol Knokke	MVB
5.	Boom	HIC
6.	Borssele	HMCZ
7.	Boudewijnsdijk	HIC
8.	Breskens	HMCZ
9.	Cadzand	HMCZ
10.	Dendermonde	HIC
11.	Duffel	HIC
12.	Emblem	HIC
13.	Hansweert	HMCZ
14.	Hemiksem	HIC
15.	Hombeek	HIC
16.	Kallo	HIC
17.	Kessel	HIC
18.	Liefkenshoek	HIC
19.	Lier Maasfort	HIC
20.	Lief Molbrug	HIC
21.	Mechelen stuw afwaarts	HIC
22.	Melle	HIC
23.	Overloop Hansweert	HMCZ
24.	Rijmenam	HIC
25.	Schaar Van De Noord	HMCZ
26.	Schelle	HIC
27.	Schoonaarde	HIC
28.	St Amands	HIC
29.	Temse	HIC
30.	Terneuzen	HMCZ
31.	Tielrode	HIC
32.	Vlakte Van De Raan	HMCZ
33.	Vlissingen	HMCZ

34.	Walem	HIC
35.	Walsoorden	HMCZ
36.	Wandelaar	MVB
37.	Westhinder	MVB
38.	Westkapelle	HMCZ
39.	Wetteren	HIC
40.	Zandvliet	HIC
41.	Zeebrugge	MVB
42.	Zemst	HIC

Tabel 2 - Beschikbare waterstandsgegevens voor 2006

## 4.2 Bovendebieten

Voor 2006 zijn de daggemiddelde debieten beschikbaar voor de stations Grobbendonk (Kleine Nete), Itegem (Grote Nete), Epepegem (Zenne), Haacht (Dijle), Dendermonde (Dender) en Melle (Bovenschelde en Leie). De som van deze debieten geeft de zoetwater bovenafvoer die in het Scheldebekken stroomt. De gegevens werden ter beschikking gesteld door de cel Hydrometrie van het Waterbouwkundig Laboratorium.

Deze gegevens zijn weergegeven in figuur 6. De grootste bovenafvoer is duidelijk afkomstig van de Bovenschelde en de Leie, met pieken in de daggemiddelde waarden tot meer dan 140 m<sup>3</sup>/s. De Dijle kent het grootste basisdebiet, d.i. de situatie waarbij het bovendebiet in droge periodes niet naar nul gaat, maar stationair blijft op een lage waarde. In totaal stroomde in het jaar 2006 2.56 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> zoet water het Scheldebekken binnen, of gemiddeld 79 m<sup>3</sup>/s; 33% van dit volume komt via Melle.

## 4.3 Spuikanaal te Bath

Voor 2006 is de zoetwaterafvoer die via het spuikanaal te Bath in de Schelde stroomt als 10-minuutwaarden ter beschikking gesteld door Rijkswaterstaat Zeeland. De dataset wordt weergegeven in figuur 7.

In totaal stroomde in 2006 0,39 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> zoet water in het Scheldebekken via het spuikanaal van Bath, of gemiddeld 12 m<sup>3</sup>/s over het hele jaar. De zoetwaterafvoer via het spuikanaal van Bath heeft een sterk gepiekt karakter, met dagwaarden die tot 85 m<sup>3</sup>/s gaan en 10-minuutwaarden tot 264 m<sup>3</sup>/s. In totaal is 13% van de zoetwatertoevoer in het Scheldebekken afkomstig van het spuikanaal van Bath. Deze massa zoet water heeft dan ook een belangrijke invloed op de lokale saliniteit ter hoogte van de Belgisch-Nederlandse grens.

De zoetwaterafvoer van het kanaal Gent-Terneuzen is niet opgenomen in het model, wegens onzekerheid over de kwaliteit van de meetgegevens voor 2006.

## 5 Methodologie

De gevoeligheidsanalyse in dit document is voornamelijk gebaseerd op:

- Een kwalitatieve vergelijking van tijdreeksen van waterstanden;
- De evolutie van enkele harmonische componenten langsheen het estuarium.

Bij een harmonische analyse wordt het getij weergegeven als de som van een aantal sinusoïden, waarvan de perioden corresponderen met die van de bewegingen van de zon en de maan. Een sinusoïde is dus een harmonische component, die wordt gekenmerkt door een golflengte en een amplitude. Aangezien we de bewegingen van de aarde, de maan en de zon precies weten, kunnen we de belangrijkste componenten (dus golflengten) van tevoren al precies definiëren. De amplituden en fasen worden vervolgens met behulp van de kleinste kwadratenmethode afgeleid uit waterstandsmetingen. De minder belangrijke componenten kunnen gerelateerd worden aan bijvoorbeeld de waterberging en bodemruwheid.

De harmonische componenten zijn van belang omdat ze de getij-indringing beschrijven in het estuarium. Een harmonische analyse werd uitgevoerd op de berekende en gesimuleerde waterstanden zodat zowel de amplitude als de fase van de verschillende harmonische componenten gekend zijn. De vergelijking van deze longitudinale profielen gebeurde voornamelijk voor de componenten M2, M4, M6 en S2. De M2 component is hierin de belangrijkste omdat de amplitude veruit de grootste is langsheen het Schelde-estuarium (zie Tabel 3); ook de S2 component vertoont een grote amplitude. De getijslag hangt in belangrijke mate af van de amplitude van M2 en S2. De eerste hogere harmonische van M2 is M4 met een viermaaldaagse periode. Deze component bepaalt in welke mate de getijcurve een asymmetrische vorm krijgt. Wanneer de M4 relatief groot is ten opzichte van M2 zal de getijcurve niet langer een zuiver sinusoidaal signaal vertonen maar zullen de 2<sup>de</sup> afgeleiden van de M2 component wijzigen of zelfs van teken veranderen.

Belangrijk bij de analyse van de harmonische componenten o.b.v. gesimuleerde waterstanden is rekening te houden met de onzekerheid die berust op de amplitudes en faseverschillen, berekend o.b.v. opgemeten waterstanden. De gemiddelde fout voor enkele belangrijke harmonische componenten, uitgedrukt in % t.o.v. hun waarde, langsheen het Schelde-estuarium is opgenomen in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..** De methodologie kan teruggevonden worden in Pawlowicz *et al.* (2002).

harm. component	Amplitude (m)
O1	0.08 – 0.14
M2	1.00 – 2.10
S2	0.40 – 0.80
M4	0.10 – 0.19
M6	0.03 – 0.10

Tabel 3 - Amplitudes van enkele belangrijke harmonische componenten langsheen het Schelde-estuarium

	Gemiddelde fout (%)	
	amplitude	phase
O1	12.3	10.6
M2	0.9	0.4
S2	2.2	0.7
M4	13.5	4.6
M6	20.7	18.2

Tabel 4 - Gemiddelde fout langsheen het Schelde-estuarium voor enkele harmonische componenten

Tijdens de kalibratie van het numerieke model werd van de volgende informatie gebruik gemaakt (Verelst *et al.*, 2008):

- Indien er een afwijking is op de fase van de M2-component, dan is er iets mis met de voortplantingssnelheid van deze component, waaraan kan verholpen worden door (binnen

bepaalde grenzen) de modelbathymetrie (on)dieper te maken (wegens  $c = \sqrt{g \cdot \frac{A}{B}}$  wat voor

een brede rivier benaderd kan worden door  $c \approx \sqrt{g \cdot h}$ .  
(met: A=natte sectie van de rivier, B =breedte van de rivier, h= waterdiepte)

- Indien er afwijkingen zijn op de component M4, dan is er iets mis met de komberging, en is het wellicht de moeite om na te gaan of de slikken/schorren voldoende goed in het model zijn ingebouwd.
- Indien er afwijkingen zijn op de component M6, is er iets mis met de bodemwrijving.

Voor elke tijpost wordt eveneens de amplitudeverhouding M4/M2 en het faseverschil 2M2-M4 berekend op basis van de meetgegevens en de resultaten van de numerieke modellering. Deze parameters hebben betrekking op de asymmetrie van het verticale getij (Wang *et al.*, 2002):

- amplitude-verhouding M4/M2: deze parameter geeft de asymmetrie van het verticale getij weer;
- fase-verschil 2M2-M4: deze parameter duidt de aard van de verticale getij-asymmetrie aan. Indien het fase-verschil 2M2-M4 bijvoorbeeld 0° bedraagt, treedt geen asymmetrie van het verticale getij op. Indien dit fase-verschil positief is (een waarde tussen 0° en 180°) betekent dit dat de duur van de vloed korter is dan de duur van de eb en dat bijgevolg de maximale snelheden bij vloed groter zijn dan bij eb (vloeddominantie). Een negatieve waarde betekent dat de duur van de vloed langer is dan de duur van de eb en bijgevolg de maximale snelheden bij vloed kleiner zijn dan deze bij eb (ebdominantie).

Een overzicht van de berekende harmonische componenten, zowel amplitude als faseverschil, zijn opgenomen in Bijlage C en D voor respectievelijk de gemeten waterstanden en alle uitgevoerde simulaties.



## 6 Gevoeligheidsanalyse

De gevoeligheidsanalyse wordt hieronder achtereenvolgens beschreven voor roosteraanpassingen, wijzigingen in de bathymetrie, de randvoorwaarden (zowel stroomop- als afwaarts) en de bodemruwheid.

### 6.1 Roosteraanpassingen

Deze studie vertrekt van het NEVLA-model voor het Schelde-estuarium dat in 2004 door Alkyon (2004) werd gemaakt en afgeregeld. *Figuur 2* (onder) toont het rekenrooster. In deze studie is gekozen voor een kleiner modelgebied door de afwaartse modelrand te beperken tot de raai Cadzand-Westkapelle (*Figuur 2*, boven). Dit modelrooster vormt de basis voor de gevoeligheidsanalyse.

**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** geeft een overzicht van de verschillende runs die zijn uitgevoerd om de invloed na te gaan van verschillende rekenroosters. Er is hierbij getracht een vergelijking te maken tussen een aantal roosteraanpassingen die in eerdere projecten zijn gebeurd, teneinde het meest optimale rekenrooster te selecteren.

Om de verschillende roosters zo goed mogelijk met elkaar te kunnen vergelijken, is er voor gekozen om alle beschouwde roosteraanpassingen te enten op het NEVLA-model (Alkyon, 2004).

Teneinde de vergelijkbaarheid te vergroten, zijn alle runs uit Tabel 5 uitgevoerd met dezelfde randvoorwaarden zowel stroomopwaarts (bovendebieten) als -afwaarts (waterstanden in Cadzand-Westkapelle). Het effect van wind werd in het model niet meegenomen, en voor de bodemruwheid werd een uniforme Manning-waarde van  $0.022 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$  gekozen. Aangezien de roosteraanpassingen gebaseerd zijn op bestaande modellen, werd de bathymetrie ook overgenomen uit deze modellen. Het overnemen van de bathymetrie is noodzakelijk omdat bathymetrie en rekenrooster intrinsiek aan elkaar gekoppeld zijn, cf. de bathymetrie werd aangepast ten gevolge van het rekenrooster. Het betreft hier de bathymetrie van de Zeeschelde en het Rupelbekken, welke vervolgens geënt wordt op de bathymetrie van het NEVLA-model voor de Westerschelde. Voor een beschrijving van de verschillende bathymetriën, behorende tot de specifieke rekenroosters, in de Zeeschelde wordt verwezen naar de gerelateerde rapporten.

Naam	Beschrijving rooster	#lagen	Periode	Tijdstap [s]
<b>A00</b>	NEVLA (M 753-01)	1	1-30 sept 2006	7.5
<b>A01b</b>	Ruwe schematisatie Rupelbekken (M756-01 LTV slib)	1	1-30 sept 2006	7.5
<b>A02</b>	Rupelbekken volgens KUSTZUID v5 (M729-09)	1	1-30 sept 2006	7.5
<b>A03c</b>	Aanpassingen rooster Zeeschelde (M800/1)	1	1-30 sept 2006	3.75
<b>A04</b>	idem A01	5	1-5 sept 2006	7.5
<b>A05</b>	idem A02	5	1-5 sept 2006	7.5
<b>A06</b>	idem A03	5	1-5 sept 2006	1.5
<b>A07</b>	NEVLA tot Schelle. Bovenzeeschelde cfr M800/1, Rupelbekken volgens KUSTZUID v5 (M729-09)	1	1-30 sept 2006	7.5
<b>A07b</b>	A07, zonder overstromingsgebieden	1	1-30 sept 2006	7.5

Tabel 5 - Overzicht van de runs om de invloed van verschillende roosters na te gaan

### 6.1.1 Beschrijving van de verschillende roosters

Het NEVLA-rooster werd in 2004 ontwikkeld als gebiedsdekkend rooster voor de Westerschelde en de Zeeschelde (Alkyon, 2004). In verschillende projecten zijn er nadien aanpassingen gebeurd in verschillende zones van dit rooster. In het project LTV slib (Kessel *et al.*, 2006) werd de schematisatie van het Rupelbekken sterk vereenvoudigd om de rekentijd te verkorten en om over een convergerend 3D-model te beschikken (zie verder). In het NEVLA-rooster wordt het Rupelbekken geschematiseerd in ongeveer 127.000 rekencellen. In het LTV slibrooster, rooster A01b, zijn dat er nog slechts 6375. Rooster A00 en A01b worden samen weergegeven in figuur 10. De bijhorende bathymetrie is getoond in *Figuur 3*. Hieruit blijkt dat de bodem in het Rupelbekken in A01b, globaal genomen, hoger ligt dan deze in het NEVLA-model. Het vereenvoudigd rooster A01b vertoont ook bijna geen variatie in diepte in de dwarsrichting.

In het project M729-09 "Evaluatie operationele voorspellingen getij en golven" werd in deelopdracht 3 "Afregele Vlaamse rivieren in het kustzuid model en vergelijking Kalman sturing" de getijvoortplanting in het Rupelbekken bestudeerd door Alkyon (o.a.). Meer bepaald is de doorstroming in het model verbeterd door roosteraanpassingen in de Grote en Kleine Nete opwaarts van Lier, en in de Zenne en de Dijle opwaarts van Walem. Verder is in de lengterichting een roosterceklafmeting van 15 m aangehouden, zodat de langgerekte cellen, die in het NEVLA-model aanwezig zijn in de bovenlopen, zijn weggenomen (Adema, 2006). Supplementair aan de roosteraanpassingen van Adema (2006) moesten er overlappende cellen in de binnenbochten van de bovenlopen verwijderd worden om een werkend model te hebben in de huidige versie van SIMONA (2007-1). De finale roosters van de Zenne, de Dijle, de Grote en de Kleine Nete zijn voorgesteld in figuur 11 en figuur 12. Een vergelijking van de bathymetrie tussen A00 en A02 is getoond in *Figuur 4*. Het aanpassen van de bochten heeft niet geleid tot een noemenswaardige wijziging van de thalweg. De dijken, en eventueel buitendijkse gebieden, zijn wel gewijzigd; dit zou enkel een invloed kunnen hebben bij overstromingstudies wat niet de doelstelling is van het huidige model.

Voor het project M800-1 "Verbetering hydrodynamisch modelinstrumentarium Zeeschelde tussen Gentbrugge en Melle" hebben Verelst *et al.* (2008) een aantal wijzigingen aangebracht in het rooster tussen Temse en Melle. In de tijarm Gentbrugge-Melle is het rekenrooster zodanig aangepast dat de roosterlijnen het lengteprofiel van de dijken beter volgen. Verder is het rekenrooster in de bocht te St. Amands met een factor 3 in de lengterichting van de rivier verfijnd, zodat in de bocht min of meer vierkante roosterzellen worden bekomen. Ook is er een schor toegevoegd aan het rekenrooster tussen Temse en St. Amands. Tenslotte zijn ook de potentiële overstromingsgebieden uit het rooster verwijderd in de zone tussen Temse en Gent (Verelst *et al.*, 2008). Deze roosteraanpassingen zijn voorgesteld in figuur 13 tot figuur 15. Het gecombineerde effect van deze aanpassingen zorgt voor een uitbreiding van het aantal actieve roosterpunten van 18.000 naar 22.238 in de zone opwaarts van Temse (Verelst *et al.*, 2008). *Figuur 5* toont daarentegen de gewijzigde bathymetrie in de Boven Zeeschelde voor zowel A00 als A03c. Hieruit blijkt dat A03c geen overstromingsgebieden meer omvat. Ook kan uit de figuur besloten worden dat A03c, globaal genomen, een ondiepere bodem heeft vergeleken met run A00.

Rooster A07 is een nieuw rooster dat gebaseerd is op het NEVLA-rooster voor de Westerschelde en de Kustzone. De Zeeschelde opwaarts van Temse wordt overgenomen uit Verelst *et al.* (2008) terwijl het Rupelbekken wordt overgenomen uit Adema (2006). In rooster A07b worden nog een aantal buitendijkse gebieden uit het rooster weggesneden. Dit wordt weergegeven in figuur 16.

### 6.1.2 Resultaten

Aangezien de verschillende beschouwde roosters tot in Schelle identiek zijn, verschillen de resultaten tussen de runs onderling niet veel afwaarts van Schelle. Indien de modeluitvoer in Hoboken (figuur 17) wordt vergeleken voor de verschillende situaties, zien we dat het betreffende uitvoerpunt in simA07 topografisch te hoog ligt, zodat het droog komt te liggen bij waterstanden lager dan -2.5 m NAP. Dit is een gevolg van de bathymetrische interpolatie; het rekenrooster kan niet elk bathymetrisch detail weergeven zodat het uitvoerpunt een andere diepte toegekend krijgt i.v.m. de werkelijkheid. Voor de rest zijn de gesimuleerde waterstanden zeer gelijkaardig voor de verschillende roosters, zij het met iets

hogere laagwaterstanden in rooster A01 (het vereenvoudigde Rupelbekken).

Opwaarts van Hoboken in het Rupelbekken wordt het verschil tussen de roosters beter zichtbaar. Figuur 18 geeft de gemeten en gesimuleerde waterstanden in Kessel (opwaarts in de Grote Nete) weer. Modellen A00 en A03c delen dezelfde modelschematisatie in dit gebied, namelijk het oorspronkelijke NEVLA-rooster. Deze schematisatie kent in het Rupelbekken (o.a. rond Kessel) obstructies in de stroming, typisch op plaatsen waar de as van het modelrooster de as van de rivier niet goed volgt. Hierdoor wordt de bathymetrie “getrapt” geïnterpoleerd op het rooster, met mogelijke hydraulische obstructies tot gevolg. Figuur 19 geeft de bathymetrie en gesimuleerde snelheden rond kentering bij laagwater weer in de omgeving van Kessel voor modellen A00 en A03c. Figuur 20 geeft ter vergelijking de bathymetrie en gemodelleerde snelheden weer in dezelfde omgeving voor de roosters A02 en A07. De doorstroming in het tweede geval is duidelijk beter, wat automatisch een beter resultaat geeft zowel bij hoog- als laagwaters. De uitgesproken ‘wiggels’ rond laagwater die in runs A00 en A03c aanwezig zijn, zijn hoogst waarschijnlijk te wijten aan obstructies in de stroming.

De genoemde problemen met ‘wiggels’ laten zich verder afwaarts in het Rupelbekken niet meer merken. Een voorbeeld is de meetpost Walem ter hoogte van de samenloop van de Beneden-Nete, de Dijle en de Zenne. De resultaten worden weergegeven in figuur 21. In deze figuur wordt wel onmiddellijk duidelijk dat de getij-indringing in rooster A01b (vereenvoudigd Rupelbekken) onvoldoende is.

Indien we kijken naar de prestaties van de verschillende modellen in de Zeeschelde, verwachten we voor roosters A03c en A07 effecten te zien van de roosteraanpassingen opwaarts van Temse. In het station Temse (figuur 22) is al een lichte invloed merkbaar waarbij roosters A03c en A07 iets hogere hoogwaters geven dan de roosters A00 en A02.

Verder opwaarts op de Boven Zeeschelde, in St. Amands, wordt duidelijk dat de roosteraanpassingen opwaarts van Temse (roosters A03c en A07) zorgen voor een betere weergave van de hoogwatersituatie (hoger waterpeil en vroeger optredend in tijd, betere overeenstemming met de metingen) dan in het oorspronkelijke rooster van die omgeving (A00, A01b en A02) (figuur 23). Het effect op de laagwaters is minder duidelijk zichtbaar. Een vergelijkbare conclusie kan ook worden getrokken in het station Schoonaarde dat verder stroomopwaarts gelegen is (figuur 24).

Vanaf het station Wetteren (figuur 25) wordt de invloed ook duidelijk op de laagwaterstanden. Dit heeft mogelijks te maken met de andere representatie van een bocht in de Schelde in de omgeving van Uitbergen. In het oorspronkelijke rooster (A00, A01b en A02) van die omgeving (Figuur 26) is de brede omgeving van de meander bedekt met roosterzellen, en is de rivier gedefinieerd in de bathymetrie. In de omgeving van Uitbergen staat de as van de rivier echter diagonaal op de roosteroriëntatie, waardoor een obstructie van de stroming ontstaat rond laagwater (zie Figuur 26). In het verbeterde rooster (roosters A03c en A07) daarentegen is deze zone geschematiseerd met een rooster dat de as van de rivier wel volgt (figuur 27), met een betere doorstroming tot gevolg.

In het oorspronkelijke NEVLA-rooster zijn een groot aantal zogenaamde potentiële overstromingsgebieden mee opgenomen. In 2006 hadden deze gebieden echter nog niet de functie van GOG of GGG. Het schematiseren van potentiële overstromingsgebieden houdt in dat de dijken in de modelbathymetrie moeten worden ingebracht, wat het gevaar met zich meebrengt dat de dijkhoogte tijdens de interpolatie van de dieptemetingen op het rekenrooster wordt uitgemiddeld ten opzichte van lagere, omliggende hoogtemetingen. Dit kan in het model ongewenste overstromingen in potentiële overstromingsgebieden geven, zoals geïllustreerd in figuur 28 en figuur 29. Daarom zijn de gebieden die een hele simulatie droog blijven preventief uit het rooster verwijderd, om toekomstig onderhoud van het rooster te vereenvoudigen en vanuit de filosofie dat het model in ontwikkeling zal fungeren als een randvoorwaardengenerator voor detailmodellen. De instroming in een buitendijks overstromingsgebied kan zo een detailmodel zijn.

De invloed van het wegsnijden uit het rooster van de buitendijkse gebieden in de Zeeschelde heeft zoals verwacht geen invloed op de waterstand in de Westerschelde. Deze invloed komt in de resultaten naar boven in de vergelijking van run A07 (met overstromingsgebieden) en A07b (zonder overstromingsgebieden). In Antwerpen (figuur 30) heeft het wegsnijden een verlaging van het laagwater met 3 cm tot gevolg en is er geen invloed merkbaar op de hoogwaters. Meer opwaarts, in Schoonaarde

(figuur 31), heeft het wegsnijden van de buitendijkse gebieden een verhoging van de hoogwaters met 10 cm tot gevolg. Dit is te verklaren door het feit dat de (ongewenste) gesimuleerde instroming in de buitendijkse gebieden de hoogwaters in de onmiddellijke omgeving voor een deel zal “afromen”, vergelijkbaar met de werking van een gecontroleerd overstromingsgebied. Vergelijkbare effecten zijn waar te nemen in de stations Wetteren, Dendermonde, St. Amands en Temse. Dit is consistent met de harmonische analyse van waterstanden (figuur 32) waaruit blijkt dat, door het voorkomen van ongewenste overstromingen in de Zeeschelde, de M2 amplitude toeneemt in de volledige Zeeschelde. Dit effect is het sterkst ter hoogte van Schelle, met een 5 cm toename in M2 amplitude, en 10 cm meer getijslag.

### 6.1.3 Conclusie

Er wordt verder gerekend met het rooster dat de beste doorstroming in het Schelde-estuarium garandeert. Rooster A07b voldoet het best aan dit criterium, aangezien het de roosteraanpassingen in zich meedraagt die in het kader van M729-09 (Rupelbekken) en M800-1 (Boven-Zeeschelde) zijn voorgesteld. Om ongewenste instroming in potentiële overstromingsgebieden te voorkomen, worden deze gebieden uit het rooster verwijderd.

Ten opzichte van NEVLA zijn er dus enkel roosteraanpassingen gebeurd in de Zeeschelde en de Rupel. De schematisatie van de Westerschelde en de Kustzone wordt onveranderd overgenomen.

Het originele NEVLA rooster heeft 214 130 actieve cellen met maximale roosterafmetingen in M- en N-richting van respectievelijk 340, en 2557 cellen (24% vulling van de matrix).

Het rooster A07b heeft 219 426 actieve cellen op een matrix van 340 op 2948. Dit zijn 5296 actieve cellen meer dan NEVLA, of een toename van 2%.

## 6.2 Bathymetrie

**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** geeft een overzicht van de verschillende runs die werden uitgevoerd om de invloed van verschillende bathymetrieën na te gaan. Alle runs in deze sectie werden uitgevoerd met een 2D-model met een afwaartse waterstandsrand te Cadzand-Westkapelle. Ook hier werden de bovendebieten gebruikt als randvoorwaarde aan de opwaartse modelrand. De gesimuleerde periode is september 2006.

Naam	Bathymetrie	Interpolatiemethode op rooster
<b>B01</b>	Beschikbare samples Westerschelde voor 2006	Gridcell Averaging
<b>B02</b>	Beschikbare samples Westerschelde voor 2006	Closest
<b>B03</b>	Beschikbare samples Westerschelde voor 2006	Max of near points
<b>B04</b>	Beschikbare samples Westerschelde voor 2006	Min of near points
<b>B05</b>	Beschikbare samples Westerschelde voor 2006	Shepard
<b>B06</b>	idem als B01, maar Zeeschelde afgeleid uit samples op raaien	Gridcell Averaging
<b>B07</b>	Intergetijdegebieden 20 cm dieper	Gridcell Averaging
<b>B08</b>	Intergetijdegebieden 20 cm ondieper	Gridcell Averaging

Tabel 6 - Overzicht van de runs om de modelgevoeligheid aan bodeminterpolatie na te gaan

### 6.2.1 Beschrijving van de verschillende sample-sets

De bodems B01 t.e.m. B05 zijn steeds volgens een vaste procedure aangemaakt uit een aantal xyz sample sets. De modelbodem van het Rupelbekken (figuur 33) wordt daarbij steeds overgenomen uit het opgeleverde rooster van model M729-09. De afstemming die in dit project is bereikt tussen bathymetrie en rooster in het Rupelbekken zou immers verloren gaan indien de samples opnieuw zouden worden geïnterpoleerd op het rekenrooster.

In een tweede stap worden de samples geïnterpoleerd voor de Boven Zeeschelde en de Durme (figuur 34). Voor dit project wordt een regelmatig topo-bathymetrisch rooster (5 bij 5 meter) gebruikt dat is afgeleid uit gemeten SB raaien van 2001. Uitzondering hierop is run B06 waarbij voor deze zone (en voor de Beneden Zeeschelde) een sample set gebruikt die is opgebouwd uit de originele SB raaien. Deze sample set is origineel ook gebruikt om de NEVLA bathymetrie uit af te leiden. De bathymetrie B06 verschilt enkel van B01 in de Zeeschelde. Het verschil tussen bodems B01 en B06 wordt weergegeven in figuur 42 voor de Beneden Zeeschelde en figuur 43 voor de Boven Zeeschelde. Voor de Beneden Zeeschelde is B01 afgeleid door een uitmiddeling of *averaging* op een dataset van 2005, terwijl B06 overeenkomt met de NEVLA bathymetrie uit 2001. In de Boven Zeeschelde is het verschil subtieler. Terwijl B06 is afgeleid uit samples op raaien, is B01 afgeleid uit een regelmatig grid van samples. Beide sample collecties zijn afgeleid uit metingen van 2001. In de diepere zones is B06 tot 4% minder diep dan B01, terwijl in de zones boven het niveau -2 m NAP de bathymetrie B06 tot 2% dieper is dan B01.

In een derde stap worden de samples van de Beneden Zeeschelde tussen Zandvliet en Schelle gebruikt (figuur 35), zij het zonder Deurganckdok. Deze zone is opgemeten door de VHA in de periode 2004-2005. De gebruikte samples liggen op een regelmatig rooster van 5 bij 5 meter. Het Deurganckdok wordt apart ingeladen op zijn ontwerpdiepte. Aangezien het jaar 2006 wordt gesimuleerd, wordt enkel het eerste deel van het dok meegenomen (i.e. een lengte van 1500m).

In een vierde stap worden de samples van de Westerschelde van het jaar 2006 gebruikt (figuur 36). In de betreffende sample files zijn de platen nog niet aanwezig omdat de laser-altimetrie metingen nog niet beschikbaar zijn voor 2006. Deze xyz-file bevat punten op een regelmatig rooster van 25 bij 25 meter. De bathymetrie op de platen wordt uit de opmetingen van 2003 gehaald (figuur 37), evenals de bathymetrie in het mondingsgebied (figuur 38). De resterende bathymetrie (Belgisch-Nederlandse kustzone, figuur 39) wordt overgenomen uit de bathymetrie van het Kustzuid model versie 5.

In de bodems B07 en B08 is een wijziging aangebracht in de hoogte van de intergetijdegebieden. In B07 zijn de intergetijdegebieden 20 cm lager geplaatst, in B08 20 cm hoger. De intergetijdegebieden zijn hierbij gedefinieerd als deze gebieden die droogvallen tussen hoog- en laagwater. De omvang van de alzo geselecteerde intergetijdegebieden is weergegeven in figuur 40.

### 6.2.2 Beschrijving van de verschillende interpolatiemethodes

De interpolatie van gemeten samples naar dieptepunten op het rekenrooster gebeurt in het programma QUICKIN van de DELFT3D-suite. Aangezien er voor het hele rekendomein meerdere samples beschikbaar zijn voor elke rooster cel, wordt enkel de methode "*gridcell averaging*" bestudeerd om dieptepunten op het rekenrooster te interpoleren uit samples. De alternatieve methodes "*Triangular Interpolation*" en "*Internal Diffusion*" worden niet mee in beschouwing genomen.

Volgens de gebruikershandleiding zijn er vijf verschillende interpolatiemethodes ("*averaging options*") beschikbaar. Deze zijn de volgende (waarin *Value* staat voor diepte positief onder het referentieniveau):

- *Average Value of Near Points*
- *Value of Closest Point*
- *Maximum Value of Near Points*
- *Minimum Value of Near Points*
- *Shepard*

Voor elk van de vijf methodes is de "*Relative Search Cell Size for Averaging*" op de standaardwaarde van 1 cel gezet. De vorm van het gebied rond een bepaald dieptepunt is gedefinieerd als een achtpuntige polygoon, met enerzijds de 4 omliggende waterstandspunten als hoekpunten, en anderzijds

---

de 4 punten halverwege het dieptepunt in kwestie en de omliggende dieptepunten (zie *Figuur 41*). Indien de “*Relative Search Cell Size*” op de waarde 2 wordt gezet, zou dat een viermaal zo groot gebied opleveren (WL Delft, 2005).

De Shepard methode is een gewogen gemiddelde, met een gewicht afhankelijk van de inverse afstand tussen het gridpunt en de omliggende sample punten:

$$\frac{\sum_{i=1}^N d_i^{-2} s_i}{\sum_{i=1}^N d_i^{-2}}$$

Met: N het aantal samples binnen de “Search Cell”  
 $d_i$  afstand tussen het gridpunt en sample  $i$   
 $s_i$  waarde van sample  $i$

### 6.2.3 Beschrijving van de hypsometrische curves

Een hypsometrische curve in de hydrologie geeft de evolutie weer van de komberging van een bekken onder een referentiehoogte  $Z_0$ . In tegenstelling tot de bathymetrie, worden waarden boven de referentiehoogte positief beschouwd. Deze curve heeft tussen de referentiehoogten -3 en +3 m NAP een lineair karakter (*figuur 44*). Duidelijke uitschieter op deze curve is bathymetrie B03 (respectievelijk B04), die veel dieper (respectievelijk ondieper) is dan de andere bodems. Dit is niet verwonderlijk aangezien deze bathymetrie is afgeleid door de diepste (respectievelijk minst diepe) waarde te nemen in elke rooster cel. Deze twee bodems zijn niet opgenomen in de verdere hypsometrische curves, die inzoomen op de verschillen tussen de resterende bodems. Het verschil in komberging tussen B03 en B01 bedraagt voor de referentiehoogte  $Z_0 = 0$  m NAP  $3.29 \cdot 10^8$  m<sup>3</sup>. De oppervlakte van de rekencellen die onder dit referentieniveau vallen, bedraagt  $4.71 \cdot 10^8$  m<sup>2</sup>. Dit maakt dat er, gemiddeld gezien, een verschil is van 69 cm tussen de maximale en de gemiddelde waarde van de beschikbare lodingen per rekencel. Vergelijkbare waarden worden bekomen voor het verschil tussen de gemiddelde waarde en minimale waarde van de samples in één rekencel. Er dient bijgevolg steeds met zorg te worden omgesprongen met bathymetriën die naar een regelmatig rooster worden gebracht via een algoritme dat de (nautisch interessante) minst diepe waarde per cel geeft.

Om de verschillen tussen de andere bodems beter in beeld te brengen, wordt gekeken naar de toename van de komberging tussen 2 referentieniveaus. Omdat we vooral geïnteresseerd zijn in de *volumeveranderingen* tussen de verschillende runs, wordt de toename van komberging relatief geplot ten opzichte van bathymetrie B01 (*figuur 45* en *figuur 46*).

Elk punt in deze grafieken staat tussen twee referentiehoogtes in, en stelt het kombergend volume voor tussen verschillende ‘schijven’ van 1m dikte, of telkens de volume-integraal tussen 2 horizontale vlakken met 1m hoogteverschil. Dit kombergend volume is dimensieloos gemaakt door te delen door de kombergende volumes uit bathymetrie B01. Een waarde groter dan één wil zeggen dat een bathymetrie in die bepaalde diepteklasse *dieper* is dan B01. Zo zien we dat bathymetrie B07 tot bijna 1% dieper is in de diepteklassen tussen waterstanden -4 en +3 m NAP (vergeleken met B01). In de andere diepteklassen is de bathymetrie B07 gelijk aan de bathymetrie B01. Voor bathymetrie B08 geldt het tegenovergestelde, namelijk dat die in de intergetijdegebieden tot bijna 1% ondieper is dan B01.

De hypsometrische curves van B02 en B05 (*closest*, respectievelijk *Shepard* algoritme) hebben een gelijkaardig verloop. Dit is niet verwonderlijk, gezien het feit dat beide algoritmes rekening houden met de afstand van het samplepunt tot het gridpunt. Wat wel opvalt is dat beide algoritmes zowel voor de Westerschelde als de Zeeschelde grotere volumes geven in de diepere delen van het rooster in vergelijking met B01, terwijl ze kleinere volumes geven in het deel van het rooster dat boven de -3 m NAP ligt. De eerste verwachting was dat, door de bathymetrie af te leiden uit enkel het dichtste meetpunt (*closest* algoritme), de resulterende fout in de komberging willekeurig zou variëren over de verschillende diepteklassen. Dit is duidelijk niet het geval. In de diepere delen van de bathymetrie is er een systematische overschatting van de komberging tussen opeenvolgende niveaus t.o.v. B01. In de

ondiepere delen is er dan weer een systematische onderschatting. Het kantelpunt ligt ongeveer op -3 m NAP. Dezelfde conclusies kunnen worden getrokken voor het Shepard algoritme. We trachten hiervoor een verklaring te vinden aan de hand van een conceptueel model. *Figuur 47* verduidelijkt deze redenering. Indien we NxN verschillende samples in een cel conceptueel vereenvoudigen tot N samples op een lijn, en indien we verder ook veronderstellen dat de bathymetrie monotoon stijgt (of daalt) volgens de richting van de lijn, dan komt het *closest* algoritme overeen met de mediaan van de samples binnen 1 cel, terwijl het *gridcell average* algoritme overeenkomt met het gemiddelde. In de diepere delen van de bathymetrie geeft het *closest* algoritme een diepere waarde dan het *gridcell average* algoritme (zie *figuur 44*). In dat geval is de mediaan groter dan het gemiddelde. Deze links-scheve verdeling van de dieptewaarden kan worden gerelateerd aan de concave vorm van de diepere delen van de bathymetrie. Dezelfde redenering wijst ook op een meer convexe vorm in de ondiepe delen van de bathymetrie. Een bodemvorm is convex indien, als 2 punten p1 en p2 deel uitmaken van de bodem, het lijnstuk p1-p2 dat ook doet. De overgang tussen concave en convexe bodemvormen (het buigpunt van het dwarsprofiel) ligt ongeveer op -3 m NAP, niet toevallig de grens tussen het subtidale en het intergetijdegebied. Het verloop van de curves B02 en B05 kan op die manier worden gerelateerd aan vormeigenschappen van de bathymetrie. In *figuur 47* wordt deze redenering geïllustreerd aan de hand van een (hypothetisch) parabolisch dwarsprofiel dat al naargelang het teken van de kwadratische term dienst kan doen als analytisch concave of convexe vorm.

#### 6.2.4 Resultaten

Uit de analyse van amplitude en fase van de belangrijke getijcomponenten M2 en M4 (*figuur 48*) blijkt duidelijk dat de diepere bathymetrie B03 en de ondiepere variant B04 een invloed hebben op de hoeveelheid getij-energie die tot het uiteinde van het estuarium gaat. Alle simulaties B zijn uitgevoerd met een uniforme Manning-waarde van  $0.022 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}^{-1}$ . Dit leidt echter tot een te hoge getij-amplitude in de Westerschelde. Bathymetrie B01, waarbij elke cel de gemiddelde diepte heeft gekregen van de dieptesamples die in die cel zijn gelegen, kent echter in vergelijking met de metingen een te grote damping in de opwaartse gebieden. Zelfs met een relatief lage ruwheid is het getij in Melle teveel uitgedempt. Dit effect van overmatige damping treedt op opwaarts van Dendermonde, en is waarschijnlijk gerelateerd aan het feit dat de stroomvoerende breedte in het model in deze opwaartse zone nog slechts 2 à 4 cellen bedraagt. De enige run die deze overmatige damping niet vertoont is B03, waarbij voor elke cel de *maximale* dieptewaarde is geselecteerd uit de dieptesamples die in die cel liggen. Zoals weergegeven in *figuur 49*, zorgt dit effectief voor een vergroting van het aantal stroomvoerende cellen in de breedte en dus minder obstructie van de stroming in run B03. Ingrepen die naar verwachting hetzelfde effect bekomen, zijn een roosterverfijning en een betere alignering van het rekenrooster met de as van de rivier (al dan niet gepaard met een roosterverfijning teneinde de bochten beter te kunnen schematiseren). Wel dient te worden opgemerkt dat deze verdieping van B01 tot B03 leidt tot een afname van de M4 amplitude met maximaal 7 cm in de opwaartse gebieden t.o.v. de verdiepingslocatie.

Uit het diagram van de fase van M2 is (zoals verwacht) af te leiden dat de getijgolf zich in de ondiepere bathymetrie van run B04 minder snel voortplant dan in B01, en dat de getijgolf zich sneller voortplant in de diepere bathymetrie B03. Dit is in overeenstemming met de klassieke formule die stelt dat de “shallow wave celerity” evenredig is met de wortel van de waterdiepte. Dit effect is merkbaar in de Westerschelde vanaf het meetstation Hoofdplaat, en wordt (ook omwille van het cumulatieve karakter van de curve) sterker naarmate we ons opwaarts in het estuarium begeven. Dit effect is verder ook asymmetrisch van aard. In de diepere bathymetrie B03 komt het hoogwater in Antwerpen gemiddeld 6.5 minuten sneller, terwijl het in het ondiepere B04 meer dan 12 minuten trager komt. Deze asymmetrie is minder uitgesproken voor laag water. In de diepere bathymetrie komen de laagwaters in Antwerpen gemiddeld gezien 10.8 minuten sneller, terwijl ze in de ondiepere bathymetrie 13.3 minuten trager komen.

De invloed van de *closest* of shepard interpolatietechniek is eerder marginaal ten opzichte van de techniek van “*gridcell averaging*”, dit zowel op amplitude en fase van M2, maar ook op de andere

onderzochte componenten (M4, M6, O1, K1, S2). Ter illustratie: het niveau van hoog- en laagwater te Antwerpen verandert met minder dan 1 cm, en het tijdstip van optreden met minder dan 1 minuut tussen de *averaged*, Shepard en *closest* bathymetrieën.

De bodems B01 en B06 verschillen enkel in de Zeeschelde van elkaar, zodat de berekende waterbeweging in de Westerschelde zoals verwacht dan ook nagenoeg identiek is. Vanaf de post Antwerpen Loodsgebouw is er een verschil van 5 cm in amplitude van M2 tussen beide runs (zie *figuur 50*). Simulatie B06 dempt daarbij meer dan B01 in deze zone. Dit kan worden gerelateerd aan het feit dat bathymetrie B06 ondieper is in deze zone dan B01. Opvallend is wel dat het verschil in M4 amplitude tussen beide runs verhoudingsgewijs groter is in de Boven Zeeschelde, opwaarts van St. Amands, dan het verschil in M2 amplitude. Dit houdt in dat de verhouding van amplitudes M4/M2, die een maat is voor de niet-lineaire distortie van het getij (Wang *et al.*, 2002), groter is opwaarts van St. Amands in bathymetrie B06 dan in B01.

De invloed van intergetijdegebieden op de getijvoortplanting in het estuarium kan worden geïsoleerd door een vergelijking van de modelresultaten B01, B07 en B08. In B07 zijn de intergetijdegebieden 20 cm verdiept, in B08 zijn ze daarentegen met dezelfde waarde verondiept. B01 geeft de referentiesituatie aan. Het effect op de M2 amplitude (*figuur 51*) is een kleine extra damping in het geval van de verdiepte intergetijdegebieden (B07). Het effect op de M4 component is relatief gezien het sterkst van alle geanalyseerde componenten (M2, M4, M6, O1, K1, S2). Een verhoging van de intergetijdegebieden met 20 cm leidt tot een versterking van de M4 component met 1 cm en tot een verhoging van de verhouding van amplitudes M4/M2 met 1%. Dit effect is het sterkst merkbaar in de Westerschelde waar ook de grootste oppervlakte aan intergetijdegebied is terug te vinden.

### 6.2.5 Conclusie

Het effect van verschillende bathymetrieën op de waterbeweging is het sterkst merkbaar in de opwaartse gebieden, waar de waterdiepte het kleinst is. De resultaten tonen bijgevolg aan dat de berekeningen gevoeliger zijn aan de bathymetrie in de regio opwaarts van Temse. Deze locatie komt overeen met het punt in de Schelde waar de amplitudes van de harmonische componenten afnemen.

De doorstroming van het model in de opwaartse gebieden kan gevoelig worden verbeterd door in de opwaartse gebieden een bathymetrie te gebruiken die per rekencel de diepste waarde uit de lodingsgegevens selecteert. Voor de rest van het estuarium wordt de gemiddelde waarde aangehouden. Een gemiddelde waarde zou ook weerhouden kunnen worden voor de opwaartse gebieden indien de roosterresolutie gevoelig zou toenemen. Het is bijgevolg een roosterafhankelijk probleem.

Door de concave vorm van de diepere delen van de bodem leveren de *closest* en Shepard algoritmes een bathymetrie op die in de diepere zones (onder -3 m NAP) tot 0.3% dieper is dan indien het “*average*” algoritme wordt gebruikt. Door de eerder convexe vorm van de ondiepe zones (boven de -3 m NAP) geven beide algoritmes een bathymetrie op die tot 0.2% minder diep is dan bij het “*average*” algoritme. Het effect van deze wijziging in komberging is echter verwaarloosbaar.

## 6.3 Randvoorwaarden

### 6.3.1 Beschrijving van de variatie in randvoorwaarden

De gevoeligheid van een aantal randvoorwaarden op het Simona Schelde-model zijn uitgetest en beschreven in dit hoofdstuk. Tabel 7 resumeert welke simulatieruns hierbij werden uitgevoerd.



Naam	Opwaartse rand (debiet)	Afwaartse rand (h)	Wind	#lagen	Simulatieperiode
<b>C00</b>	Dag (Melle)	CZ-WK	Nee	1	Jun 2002
<b>C01</b>	Dag (Merelbeke)	CZ-WK	Nee	1	Jun 2002
<b>C02</b>	5 min (Merelbeke)	CZ-WK	Nee	1	Jun 2002
<b>C03</b>	Uur (Merelbeke)	CZ-WK	Nee	1	Jun 2002
<b>B01</b>	Dag	CZ-WK	Nee	1	1-30 sept 2006
<b>C05</b>	Dag	ZUNO	Nee	1	1-30 sept 2006
<b>C06</b>	Dag	CZ-WK	Ja	1	1-30 sept 2006
<b>C07</b>	Dag	ZUNO	Ja	1	1-30 sept 2006

Tabel 7 - Overzicht van uitgevoerde runs met betrekking tot gevoeligheid aan kwaliteit van randvoorwaarden

Alle bovenstaande simulaties werden uitgevoerd op het rekenrooster A07b, en met bathymetrie B01 (*averaged*). Er werd met een uniforme Manning-waarde van  $0.022 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}^{-1}$  gerekend.

Runs C05 en C07 worden niet verder besproken in deze tekst. Binnen het tijdsbestek van deze gevoeligheidsanalyse is het de auteurs niet gelukt om de ZUNO modelrand (de afwaartse rand wordt afgeleid uit een grootschalig model, het zogenaamde ZUNO model) in een WAQUA berekening goed te krijgen. Op de waterstandsranden worden stelselmatig te hoge snelheden berekend door het model. Andere combinaties van waterstands-, snelheids- en Riemann-randen lossen dit probleem niet op. Het implementeren van een Riemann-rand had het positieve gevolg dat de korte golven, die door de instabiliteit aan de rand werden gegenereerd, sneller werden uitgedempt. Het instellen van de reflectie parameter 'alfa' op de waterstandsrand op een waarde van 400 had een vergelijkbaar effect. Berekeningen in TRIWAQ (3D) blijken minder te lijden onder deze instabiliteit op de afwaartse ZUNO-rand. De bespreking van deze 3D resultaten valt echter buiten het bestek van deze tekst.

#### 6.3.1.1 Bovendebiet te Merelbeke

Tussen 10 juni en 17 juli 2002 is er in het sluizencomplex van Merelbeke een opmeting gebeurd van het debiet dat over de stuw van Merelbeke in de Zeeschelde stroomt. Merelbeke is de belangrijkste toevoer in de Zeeschelde van zoet water vanuit de kanalen rond Gent. De datareeks is beschikbaar als een reeks van 5-minuutwaarden en wordt beschreven in IMDC (2002). De gemeten debietreeks is weergegeven in figuur 52. Een vergelijking van de daggemiddelde debieten, afgeleid uit de 5-minuutreeks van metingen in Merelbeke, met de dagwaarden afgeleid uit de 10-minuutreeks van metingen van de ADM te Melle (cel Hydrometrie) leert dat de ADM in Melle de meting in Merelbeke systematisch onderschat ten opzichte van de ADCP-meting van IMDC, waarbij het verschil groter wordt met toenemend debiet (*figuur 53*). Deze figuur leert ook dat de variatie in bovendebiet, zoals die is gemeten in de 5-minuutwaarden, nog goed wordt beschreven in de uurwaarden. Een groot deel van deze variatie is echter uit het signaal verdwenen bij de uitmiddeling naar dagwaarden.

De gevoeligheid van het model op de randvoorwaarde in Melle – Merelbeke wordt onderzocht in 4 berekeningen, nl. C00 tot C03. In run C00 wordt de praktijk van NEVLA toegepast. Dit houdt in dat de 10 minuutwaarden van debieten zoals opgemeten door de (permanente) ADM in Melle worden herleid tot dagwaarden, om zo de getij-invloed uit het signaal weg te filteren. Deze dagwaarden worden als zoetwater bovenafvoer opgelegd in Merelbeke. De randvoorwaarden van C01 tot C03 worden telkens afgeleid uit de (eenmalige) meting in Merelbeke van juni 2002. C02 rekent met de originele (opgemeten) 5 minuutwaarden. C03 en C01 rekenen met de uurwaarden, respectievelijk dagwaarden afgeleid uit de opgemeten 5 minuutwaarden.

### 6.3.1.2 Wind

Er wordt nagegaan wat de invloed is van een uniform windveld als randvoorwaarde aan het wateroppervlak. De windopzet die wordt gegenereerd op de Noordzee zit al impliciet in de waterstandrand vervat te Cadzand-Westkapelle. Tijdreeksen van uurlijkse windsnelheid en windrichting uit metingen te Vlissingen worden uniform opgelegd over het hele modeldomein. Deze tijdreeksen zijn voorgesteld in figuur 54.

## 6.3.2 Resultaten

### 6.3.2.1 Bovendebiet

Eerst vergelijken we de resultaten van de simulaties C01, C02 en C03 die dezelfde debietgegevens van juni 2002 als randvoorwaarde hebben met een tijdsinterval van respectievelijk 5 minuten, 1 uur en 1 dag. De resultaten voor uurlijkse debietwaarden (C03) verschillen niet erg van de resultaten met 5-minuutwaarden (C02). Simulatie C01 waarbij de debieten worden opgelegd als daggemiddelde waarden verschilt echter gevoelig van de resultaten die werden bekomen met de 5-minuutwaarden, en dit in de zone van Merelbeke tot Temse. Afwaarts van Temse is nog nauwelijks invloed merkbaar (verschil <5 cm). De gesimuleerde waterstand van 2 juli tot 5 juli in Wetteren en Schoonaarde is samen met de randvoorwaarde in Merelbeke weergegeven in figuur 55, respectievelijk *figuur 56*. Op 2 juli en op 4 juli vond telkens rond middernacht een afvoerpiek plaats, met op 3 juli rond middernacht een tijdelijk lagere afvoer. De sterke variatie in bovenafvoer zorgt ervoor dat er in deze periode een relatief groot verschil is tussen de dagwaarden enerzijds, en de 5-minuutwaarden en uurwaarden anderzijds. Dit verschil in randvoorwaarde plant zich stroomafwaarts verder doorheen het modeldomein. De waterstanden in Wetteren, en in mindere mate in Schoonaarde, vertonen gelijkblijvende hoog- en laagwaters tussen 2 en 5 juli voor de simulaties C00 en C01 (dagwaarden aan de rand). Voor dezelfde locaties maar bij gebruik van 5-minuutwaarden (C02) of uurwaarden (C03) evolueert de gemiddelde waterstand mee met de afvoervariaties op korte termijn (<1 dag). Hetzelfde fenomeen is te zien voor de eb- en vloeddebieten in Wetteren en Schoonaarde (*figuur 57*). In Wetteren is de invloed van pieken in bovenafvoer groter dan in het verder stroomafwaarts gelegen Schoonaarde. De invloed op berekende debieten is merkbaar tot in Temse.

Indien het verschil met de simulatie C02 (met de 5-minuutwaarden) wordt geanalyseerd, vallen een aantal zaken op. Ten eerste kan het verschil zowel positief als negatief zijn. Als we kijken naar Schoonaarde (*figuur 55*) kan de waterstand zowel worden onder- als overschat, als het werkelijke debiet hoger, respectievelijk lager ligt dan de dagwaarden. We focussen de analyse op 3 juli 2002. Het bovendebiet kende die dag een relatief grote variatie van 25 m<sup>3</sup>/s om middernacht tot 150 à 170 m<sup>3</sup>/s op het einde van de dag. Het daggemiddelde debiet is ongeveer 100 m<sup>3</sup>/s. Te Wetteren (*figuur 58*) wordt er door de overgang van 5-minuutwaarden naar uurwaarden een fout gemaakt van maximaal 5 cm. Bij de overgang naar dagwaarden loopt het waterpeilverschil op tot 80 cm (afwijking op laagwater). Te Schoonaarde (*figuur 58*) wordt die maximale afwijking 50 cm. In Dendermonde (*figuur 59*) is dit 25 cm. Verder afwaarts in St. amands is het maximale verschil nog 12 cm. Afwaarts van Temse (*figuur 59*) wordt dit 6 cm. Opwaarts Temse verdwijnt het verschil in het ruissignaal. De invloed van bovenafvoer op de waterstanden is groter bij laagwater dan bij hoogwater.

Verder is er ook aandacht besteed aan de invloed van het gebruik van gemiddelde eb- en vloeddebieten gemeten te Melle in plaats van de meetlocatie in de stuw te Merelbeke, waar rechtstreeks een bovendebiet zonder eb en vloed kan gemeten worden. De eerste methode is gebruikt in simulatie C00, de tweede in simulatie C01, C02 en C03. Vermits zowel in simulatie C00 als in simulatie C01 dagwaarden zijn gebruikt kunnen deze twee vergeleken worden en zijn de verschillen tussen beide enkel te wijten aan verschillende meetmethode voor bovenafvoer van de Schelde. Uit die vergelijking blijkt dat voor een periode met lage afvoer (50 m<sup>3</sup>/s) de resultaten nagenoeg dezelfde zijn, maar dat er een verschil is van tot 10 cm voor een periode met hogere afvoer (tot 200 m<sup>3</sup>/s). Dit resultaat is in overeenstemming met het feit dat het verschil tussen beide methodes om bovenafvoer te berekenen groter wordt naarmate de debieten groter worden.

### 6.3.2.2 Wind

De gesimuleerde periode is hier opnieuw september 2006. Tussen 2 en 4 september liep de gemiddelde windsnelheid in Vlissingen op tot 12 m/s vanuit westelijke tot zuidwestelijke richting, veruit de hoogste waarden van deze maand, maar op jaarbasis geen al te hoge windsnelheid en zeker geen stormconditie. Deze windsnelheid werd uniform over het hele rekendomein opgelegd. Toch heeft het opleggen van deze windkracht al een significant effect op de resultaten. Het eerste hoogwater, tweede laagwater en tweede hoogwater van 3 september werden onder invloed van deze windsnelheid ongeveer 10 cm verhoogd in Terneuzen en ongeveer 20 cm in Hansweert en meer opwaarts. Het windeffect neemt drastisch af in de Boven-Zeeschelde, en verhoogt het waterpeil met maximaal enkele centimeters. Een vergelijkbaar effect als in de Beneden-Zeeschelde is waar te nemen in het Rupelbekken.

In geval van storm kan dit verschil dus nog hoger oplopen waardoor een belangrijk verschil in lokale stroomsnelheden kan optreden. Indien de gegevens beschikbaar zijn, is het meenemen van windeffecten in de stromingsmodellen zeker aan te raden. Immers, de relatief grote oppervlakte van de Westerschelde en de relatief kleine waterdiepte verhogen het effect van de windschuifspanning op de waterstanden.

### 6.3.3 Conclusie

Er is nauwelijks een verschil (<5 cm) tussen het gebruik van 5-minuutwaarden en uurwaarden voor de bovenafvoer van de Zeeschelde. Het gebruik van dagwaarden brengt echter een belangrijke afwijking op de waterstanden (tot 80 cm op het laagwater in Wetteren) en de debieten teweeg, vooral wanneer zich grote variaties in afvoer voordoen. Deze invloed is significant (> 5 cm op waterstand) merkbaar tot Temse. De invloed van bovenafvoer op de waterstanden is verder groter op de laagwaters dan op de hoogwaters.

Een niet onderzochte vierde mogelijkheid om het bovendebiet in Merelbeke in het model in te brengen kan zijn om de rand van het model in Melle te leggen, en daar de metingen van de ADM-meetpost (10-minuutwaarden, of eventueel uurwaarden) op te leggen.

## 6.4 Bodemruwheid

Er wordt nagegaan wat de invloed is van de bodemruwheid op de waterbeweging. Onze interesse gaat met name uit naar de invloed van de bodemruwheid in een bepaald deelgebied op de resultaten in dit gebied en erbuiten. Met die kennis kan een meer doelgerichte aanpak nagestreefd worden in de uiteindelijke calibratieslag. Er wordt speciale aandacht besteed aan het effect van de ruwheid op de hogere harmonische componenten zoals M4 en M6, die op hun beurt een groot effect hebben op de maximale eb- en vloednelheden.

De bodemruwheid is op een andere manier geïmplementeerd bij 2D-modellen in vergelijking met 3D-modellen in Simona zodat ook de energiedissipatie verschillend is. Dit heeft uiteraard zijn effect op de getijvoortplanting in het Schelde-estuarium. Vandaar dat de impact van modeldimensie (2D vs. 3D) op de harmonische componenten ook bekeken wordt.

Een overzicht van de uitgevoerde simulaties wordt gegeven in Tabel 8. Meer uitleg hieromtrent volgt in de volgende secties.

Naam	Formule	Blok nr	Bodemruwheid ( $\text{m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$ )
B01	Manning	Uniform	0;022
D00	Manning	Uniform	0.025
D01	Manning	1	0.020
D02	Manning	2	0.020
D03	Manning	3	0.020
D04	Manning	4	0.020
D05	Manning	5	0.020
D06	Manning	6	0.020
D07	Manning	7	0.020
D08	Manning	8	0.020
D09	Manning	9	0.020
D10	Manning	10	0.020
D11	Manning	1	0.030
D12	Manning	2	0.030
D13	Manning	3	0.030
D14	Manning	4	0.030
D15	Manning	5	0.030
D16	Manning	6	0.030
D17	Manning	7	0.030
D18	Manning	8	0.030
D19	Manning	9	0.030
D20	Manning	10	0.030
D21	Chézy	Uniform	equivalent $n=0.025$
D22	White-Colebrook	Uniform	equivalent $n=0.025$
D23	Manning	-	$n=f1(D)$
D24	Manning	-	$n=f2(D)$
D25	Manning	-	Intergetijdegebieden: 0.030 ; overige op 0.025
D26	Manning	Uniform	0.028
D003D	Manning (3D model)	Uniform	0.025

Tabel 8 - Overzicht van de uitgevoerde runs in het gevoeligheidsonderzoek naar bodemruwheid.

## 6.4.1 Beschrijving van de modelinstellingen

### 6.4.1.1 Variatie op de ruwheidinstelling

Als referentierun (D00) wordt een simulatie uitgevoerd met de bodemligging die de beste resultaten heeft opgeleverd in Deel B (bathymetrie B01), samen met een uniforme Manning-ruwheid van  $0.025 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$ . Het rooster dat gekozen werd in Deel A (rekenrooster A07b) zal ook hier gebruikt worden. Wederom worden waterstanden en bovendebieten opgelegd aan de afwaartse (Cadzand-Westkapelle), respectievelijk opwaartse modelranden. Opnieuw wordt de maand september 2006 doorgerekend wegens de grote beschikbaarheid van meetgegevens.

Er zijn in totaal drie simulaties uitgevoerd met een uniforme Manning-ruwheid en telkens dezelfde bathymetrie en roosteropbouw. De geselecteerde Manning-waarden zijn  $n = 0.022 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$  (B01),  $n = 0.025 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$  (D00) en  $n = 0.028 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$  (D26). In een uiteindelijke calibratie zal een uniforme ruwheid weliswaar geen voldoende nauwkeurigheid bieden; toch is het nuttig om te kijken hoe de indringing van

het getij verandert onder invloed van een uniforme ruwheid.

Het grootste gedeelte van dit rapportdeel bestaat uit runs waarin telkens 1 deelgebied een andere ruwheid krijgt toegewezen, respectievelijk voor alle deelgebieden één keer  $0.020 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$  en één keer  $0.030 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$ . De resterende deelgebieden krijgen daarbij steeds een ruwheid van  $0.025 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$ . Er worden 10 deelgebieden afgebakend (*figuur 60* en **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**), wat wil zeggen dat deze oefening 20 simulaties oplevert. De doorlooptijd van zulk een simulatierun is echter beperkt aangezien het aanmaken van de ruwheidsvelden en de post-processing kan geautomatiseerd worden met behulp van Matlab.

De verschillende deelgebieden voor de Westerschelde en de Zeeschelde tot Doel zijn afgebakend op basis van de ligging van de macrocellen van het meergeulensysteem waar het Schelde-estuarium wordt gekenmerkt (Winterwerp *et al.*, 2001). Elk van deze macrocellen bestaat uit een halve meander van de ebgeul die wordt kortgesloten door een vloedgeul (*figuur 60*). Op de overgang tussen twee cellen bevindt zich vaak een ondiepe drempel. Uitzondering hierop zijn gebieden 6 en 7 die bestaan uit twee kleinere cellen (resp. V met VI en VII met VIII).

Opwaarts van Doel worden de bovenlopen onderverdeeld in drie gebieden: de Beneden Zeeschelde van Doel tot Schelle, de Boven Zeeschelde van Schelle tot Merelbeke en ten slotte het Rupelbekken.

De verschillende zones worden aangeduid in *figuur 61*.

Gebied nr	Beschrijving
1	Cadzand-Westkapelle tot Vlissingen
2	Vlissingen tot Borssele
3	Borssele tot Baarland
4	Baarland tot Hansweert
5	Hansweert tot Valkenisse
6	Valkenisse tot de grens
7	Grens tot Liefkenshoek
8	Beneden-Zeeschelde van Liefkenshoek tot Schelle (Monding van de Rupel)
9	Boven-Zeeschelde van Schelle tot Gent
10	Rupelbekken opwaarts Schelle met Rupel, Dijle, Zenne en Nete

Tabel 9 - Beschrijving van de deelgebieden aan de hand van de macrocellen waaruit zij bestaan.

Verder werd ook nagegaan wat de invloed is van het gebruik van andere ruwheidsformuleringen, nl. Chézy en White-Colebrook. In de formules van de waterbeweging die in de software zijn ingeprogrammeerd wordt enkel met de Chézy-coëfficiënt gewerkt. Manning of White-Colebrook waarden in de input worden per tijdstap eerst omgezet tot een Chézy coëfficiënt. De omrekening van Manning naar Chézy is daarbij afhankelijk van de waterdiepte en de omrekening van White-Colebrook gebruikt zowel de waterdiepte als de Nikuradse ruwheidslengte.

Uitgaande van een gemiddelde waterdiepte van 8.36 m in het model kunnen dan equivalente ruwheidsinstellingen worden afgeleid. Deze zijn samengevat in Tabel 10.

Parameter	Waarde	Simulatie
Manning-coëfficiënt	$0.025 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}^{-1}$	D00
Chézy-coëfficiënt	$57 \text{ m}^{1/2} \text{ s}^{-1}$	D21
Nikuradse ruwheidslengte	0.0685 m	D22

Tabel 10 - Gebruikte ruwheidsinstellingen ter vergelijking van drie courante formuleringsen

Simulaties D23 en D24 werden voorzien van een Manning-ruwheid die afhankelijk is van de bodemdpte. In zekere zin houdt het gebruik van de Manning-formulering reeds een Chézy-coëfficiënt in die afhankelijk is van de waterdiepte (dus eveneens de bodemdpte), maar dit slechts met een exponent van 1/6. Wanneer nu ook de Manning-coëfficiënt lineair afhankelijk wordt van de bodemdpte vergroot deze exponent op de waterdiepte naar 7/6.

Voor beide simulaties, D23 en D24, wordt de volgende functie gebruikt om de Manning-waarde  $n$  voor de bodemruwheid te bepalen:

$$n = n_{30} + n'(30 - D) / 30$$

Hierin is  $n_{30}$  de ruwheid op 30 m onder NAP,  $n'$  is het verschil in ruwheid tussen 0 m NAP en 30 m onder NAP. Tussen deze twee ruwheidwaarden wordt lineair geïnterpoleerd in functie van de bodemdpte  $D$ . Voor bodemdptes groter dan 30 m en kleiner dan nul (bodem dus hoger dan 0 m NAP) wordt de ruwheid lineair geëxtrapoleerd.

In simulaties D23 en D24 wordt  $n_{30}$  respectievelijk 0.020 en 0.022, en wordt  $n'$  respectievelijk 0.010 en  $0.006 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}^{-1}$ . Door deze instellingen varieert de Manning-ruwheid telkens rond een centrale waarde van  $0.025 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}^{-1}$  (zoals in de referentierun). In simulatie D23 varieert deze tussen 0.020 op 30 m diepte en  $0.030 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}^{-1}$  op 0 m NAP. Voor simulatie D24 wordt dit 0.022 op 30 m diepte en  $0.028 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}^{-1}$  op 0 m NAP, wat dus een kleinere spreiding betekent. Ruwheidsvelden voor simulaties D23 en D24 worden getoond in figuur 62 en figuur 63.

Als variatie op deze methode geldt simulatie D25 met een uniforme ruwheid van  $n = 0.025 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}^{-1}$ , behalve op de intergetijdegebieden waar gekozen werd voor  $n = 0.030 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}^{-1}$ . Het resulterende ruwheidsveld is afgebeeld in figuur 64.

#### 6.4.1.2 2D versus 3D modellering

Bij een Simona 2D-hydrodynamisch model (WAQUA) wordt energiedissipatie bewerkstelligd door een opgelegde horizontale (eddy-) viscositeit en een bodemruwheid. Verticale turbulente viscositeit treedt op door verticale schuifspanningen welke te wijten zijn aan de bodemruwheid en de lokaal aanwezige snelheidsgradiënten. Deze verticale viscositeit is niet in WAQUA opgenomen. De bodemruwheid komt rechtstreeks voor in een verliesterm in de horizontale momentumvergelijkingen.

In tegenstelling hiermee maakt TRIWAQ (3D-model) standaard gebruik van het k-epsilon turbulentiemodel voor de berekening van de verticale viscositeit. De opgelegde 2D-ruwheid  $C_{2D}$  wordt omgerekend tot een 3D-ruwheid  $C_{3D}$  die verder wordt gebruikt in de TRIWAQ formuleringsen. Deze omrekening is gebaseerd op twee belangrijke hypothesen (Rijkswaterstaat/RIKZ, 2006), met name:

- het verticale snelheidsprofiel vertoont een logaritmisch verloop, en
- het verticale profiel van de verticale turbulente viscositeit vertoont een parabolisch profiel.

In een TRIWAQ berekening treedt de ruwheid  $C_{3D}$  op als randvoorwaarde voor het k-epsilon model, en wordt de verticale viscositeit expliciet uitgerekend.

In het (meest voorkomende) geval dat aan beide bovenstaande hypothesen niet wordt voldaan, zal een berekening met gelijke ruwheids- en andere instellingen, niet dezelfde resultaten opleveren in TRIWAQ en in WAQUA.

## 6.4.2 Resultaten

De uitkomsten van alle runs worden vergeleken met gemeten waterstanden op verschillende locaties zoals getoond in *Figuur 1*. Bovendien wordt op de gesimuleerde waterstanden een harmonische analyse uitgevoerd en worden de harmonische componenten uit berekende en gemeten waterstanden met elkaar vergeleken.

Vaak wordt aangenomen dat de bodemruwheid een rol speelt in het verloop van de amplitude van M6 langsheen een sterk tijgebonden estuarium zoals de Schelde. Uiteraard zal er ook een effect zijn op de andere componenten door een verhoging of verlaging van wrijvingsverliezen. Hoe dit tot uiting komt, wordt in de volgende paragrafen beschreven.

### 6.4.2.1 Uniforme ruwheid

Vooreerst werd gekeken hoe de getij-indringing verloopt bij een variatie van de Manning-coëfficiënt, uniform voor het ganse estuarium. In *figuur 65* worden de resultaten van deze oefening getoond. Wat opvalt is dat de helling van de M2 amplitude in een langsprofiel verschilt tussen de verschillende simulaties. De versterking ("opzweeping") van de tijslag door het convergente karakter van het Schelde-estuarium wordt afgezwakt door een ruwere bodem of juist extra versterkt door de lagere weerstand van een gladde bodem. De stroming als gevolg van de indringing van de ondiepe tijgolf wordt afgeremd en de getijamplitude wordt gedempt bij hogere ruwheid. Voor de Westerschelde ligt de ideale gemiddelde Manning-ruwheid ergens tussen  $0.025 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$  en  $0.028 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$ , de metingen vertonen echter een M2 amplitude gradiënt die sterker varieert dan die bij een simulatie met uniforme ruwheid; een variabele ruwheid is dus zeker gewenst. De invloed van de verandering van (uniforme) Manning-coëfficiënt is het sterkst in het meetpunt Schelle, met een verschil in M2 amplitude tussen B01 en D26 van 34 cm. Het hoogwater te Schelle wordt gemiddeld gezien 40 cm hoger, en treedt 17 minuten vroeger op door de verlaging van de ruwheid. Het laagwater komt 36 cm lager en 25 minuten vroeger.

Hoewel we voor de S2 amplitude een zeer gelijkaardig patroon vinden als voor de M2 amplitude, kan dit helemaal niet gezegd worden van de M4 amplitude. Langsheen het estuarium verschilt de invloed van een ruwheidsverandering van (Manning) 0.022 naar  $0.028 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$  op de M4 amplitude zeer sterk (*figuur 65*). Er is een grotere invloed in de Westerschelde en opwaarts Antwerpen, dan tussen de Belgisch-Nederlandse grens en Kallo. Ter hoogte van Hansweert bedraagt de invloed op de M4 amplitude 3 cm, terwijl dat ter hoogte van Liefkenshoek minder dan 1 cm wordt.

Wat de M6 component betreft (*figuur 66*), hier is er wel een sterke variatie: een verhoging van de ruwheid met 27% levert een afname van de amplitude van M6 met 15% van Hansweert tot Schoonaarde.

De fase van M2 (*figuur 67*) is over het gehele estuarium groter bij toepassing van een grotere ruwheid en ijlt dus na. Dit wil zeggen dat ook de golfsnelheid in het estuarium wordt beïnvloed door de ruwheid. Een verhoging van de ruwheid zorgt voor een tragere voortplanting van de M2 component. De fase van M4 vertoont een omgekeerd gedrag in de Westerschelde en de Beneden Zeeschelde, en ijlt voor bij grotere ruwheid. Opwaarts van Schelle keert het gedrag om, en ijlt de M4 component na door een verhoging van de ruwheid.

De faseverschuiving 2M2-M4 (*figuur 68*) wordt groter bij stijgende ruwheid. Een hogere ruwheid geeft een grotere faseverschuiving en dus een meer vloeddominant karakter aan de getijgolf. In dezelfde *figuur* is de M4/M2 verhouding afgebeeld als een maatstaf voor de getij-asymmetrie. Ook deze parameter neemt toe met de ruwheid, echter enkel opwaarts Bath. Tussen de zeerand en Bath is dit verloop het tegenovergestelde.

### 6.4.2.2 Variatie per gebied

In 10 aparte deelgebieden werd de ruwheid verhoogd en verlaagd en vergeleken met de referentiesituatie D00. De globale Manning-ruwheid in het model bedraagt hier  $0.025 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$ . Bij lokale verlaging van de ruwheid wordt deze op  $0.020 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$  gezet en bij een lokale verhoging op  $0.030 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$  om voldoende het onderscheid met de referentiesituatie te kunnen maken.

Een eerste belangrijk effect betreft de M2 amplitude. Daar waar de ruwheid lokaal aangepast wordt



treedt er een verandering op in de gradiënt van de M2 amplitude langsheen het estuarium (zie bv. Figuur 69). In gebieden op- en afwaarts blijft deze gradiënt van M2 nagenoeg gelijk. Dit betekent echter niet dat ook de amplitude van M2 gelijk blijft. De lokale verandering in gradiënt werkt stroomopwaarts door, m.a.w. een ruwheidsverandering in een deelzone verandert de M2 amplitude vooral stroomopwaarts van deze zone. Hierbij moet worden opgemerkt dat de modelrand met opgelegde waterstanden afwaarts ligt. Tussen de waterstandaangedreven modelrand en het gebied met veranderde ruwheid is er geen invloed. Dit effect is weergegeven in figuur 69. Een variatie van de ruwheid in het gebied tussen Vlissingen en Borssele (D02 en D12) heeft een stroomopwaarts groeiend effect op de M2 amplitude binnen deze zone, en een nagenoeg constant effect in het stroomopwaartse deel van de Westerschelde. Enkel opwaarts van Temse, waar de tijslag sterk daalt, vindt een reductie van de invloed plaats.

De invloed van de ruwheidsvariatie op de M2 amplitude blijkt groter te worden naarmate het oppervlak van deze zone groter wordt. Zo is de invloed van een andere ruwheid in gebied nr. 2 (zie Figuur 69, onder) kleiner dan het effect van een andere ruwheid in gebied nr. 5 (figuur 69, boven). Een ruwheidsverlaging in deelgebied 2 resulteert in een stijging van de M2 amplitude in Schelle van 1 cm, terwijl de ruwheidsverlaging in deelgebied 5 resulteert in een stijging van 3 cm. Een verhoging van de ruwheid heeft dan weer een daling van 2 cm, respectievelijk 4 cm tot gevolg voor de M2 amplitude.

Het variëren van de ruwheid in de Beneden Zeeschelde van Liefkenshoek tot Schelle heeft een sterk effect op de lokale amplitude van M2, ook in de Boven Zeeschelde werkt de ruwheid enkel lokaal (figuur 70). Aanpassingen aan de ruwheid in het Rupelbekken hebben dan weer een minimaal effect op het getij in de Schelde. De invloed van een ruwheidsverhoging of -verlaging in het Rupelbekken heeft een effect op de M2 amplitude in Schelle van minder dan 1 cm. De invloed op M4 en M6 zijn ook kleiner dan 1 cm, en vallen binnen de respectievelijke foutenmarges van de bepaling van M4 en M6 amplitude.

Het effect van de ruwheid op de amplitude van de M4 component verandert van afwaarts naar opwaarts. Wanneer de ruwheid in de afwaartse gebieden nr. 1 tot 3 wordt veranderd, is het effect in lijn met de waargenomen effecten op M2. Een verhoging van de ruwheid zorgt voor extra damping van M4, en dat effect is enkel merkbaar opwaarts van de zone waarin de ruwheid is veranderd; zie hiervoor figuur 71, boven. In de rest van de Westerschelde (zones 4 tot 7; zie figuur 71, onder) heeft een lokale ruwheidsverandering geen effect op M4 (effect kleiner dan de foutenmarge op M4). Wanneer de ruwheid in de Zeeschelde wordt aangepast, is het effect lokaal groot en bovendien treedt er een inversie-effect op in afwaartse richting (figuur 72). In de Beneden Zeeschelde (D08) wordt bij een lokaal kleinere ruwheid de amplitude lokaal groter (zoals verwacht), maar afwaarts wordt de M4 amplitude dan weer kleiner. Hetzelfde patroon wordt waargenomen voor de M6 amplitude (figuur 73).

De fase van de verschillende componenten blijkt niet zeer gevoelig te zijn aan lokale verschillen in ruwheid. De maximale verandering van de fase door de ruwheid te laten variëren tussen 0.020 en 0.030  $\text{m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$  komt voor bij een ruwheidsvariatie in de Beneden Zeeschelde. In deze situatie is er een maximaal verschil te Schelle van 7 graden voor het M2 faseverschil. Enkel in de Beneden Zeeschelde werd er een plaatselijke, kleine verandering van de fase waargenomen. Variatie van de ruwheid in deelgebieden in de Westerschelde leidt tot een opwaartse verschuiving van maximaal 3 graden voor de M2 fase, en 5 graden voor de M4 fase. Beide waarden komen overeen met een verschuiving van ongeveer 5 minuten van het tijsignaal. Bij een lokaal kleinere ruwheid wordt het faseverschil kleiner, en vice versa.

#### 6.4.2.3 Ruwheid als functie van bodemligging

Als derde onderdeel van het ruwheidsonderzoek wordt het effect van een dieptevariabele ruwheid onderzocht. In §6.4.1 werd besproken welke scenario's hiervoor werden doorgerekend. Als referentie wordt de run D00 beschouwd waarbij een uniforme Manning-ruwheid van  $0,025 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$  werd aangenomen. Bij de scenario's D23 en D24 vertonen de dieptevariabele Manning-ruweden een verschillende spreiding rond een gemiddelde ruwheid van  $0,025 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$ . Bij D23 varieert de ruwheid tussen 0.020 en  $0.030 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$  voor de respectievelijke bodempellen -30 en 0 m NAP. In simulatie D24 varieert dit tussen de respectievelijke ruweden  $0,022$  en  $0,028 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$ .



Het effect van een dieptevariabele ruwheid op de M2 component kan teruggevonden worden in figuur 74. Uit deze resultaten kan besloten worden dat stroomopwaarts vanaf Hoofdplaat de M2-amplitude het kleinste is voor de referentiesituatie D00, hoewel de verschillen minimaal zijn. Vervolgens neemt de amplitude toe, in volgorde, voor D24 en D23. Opwaarts van Boerenschans is het M2-amplitudegedrag omgekeerd, m.a.w. de amplitude varieert volgens  $D00 > D24 > D23$ , waarbij er een maximale amplitude optreedt ter hoogte van Schelle waarna het verschil verdwijnt ter hoogte van Melle. Het verschil met de referentiesituatie D00 wordt nooit groter dan 2 cm te Schelle.

Het gedrag van de runs D23 en D24 ten opzichte van D00 kan worden verklaard aan de hand van de bathymetrie. Voor een bodempeil van -15 m NAP geldt voor de drie runs D00, D23 en D24 eenzelfde ruwheid van  $0,025 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}^{-1}$ . Diepere gedeelten van de Schelde vertonen een kleinere ruwheid in de volgende volgorde:  $D00 > D24 > D23$ . Ondiepere gedeelten vertonen dan weer een grotere ruwheid in de omgekeerde volgorde:  $D00 < D24 < D23$ . Op basis van de bathymetrie kunnen nu de zones geïdentificeerd worden die dieper en ondieper liggen dan -15 m NAP. Dit wordt getoond in figuur 75. Aangezien het dieper is aan de monding van de Westerschelde ligt daar verhoudingsgewijs een grotere oppervlakte dieper dan -15 m NAP dan verder opwaarts. Vanaf de Overloop van Hansweert vermindert het aandeel in bodemoppervlakte lager dan -15 m NAP waardoor ook de gemiddelde ruwheid van de natte sectie toeneemt; niet D00 maar D23 vertoont dan lokaal de hoogste ruwheid. Stroomopwaarts van Boerenschans zorgt de verdere verondieping van de Zeeschelde ervoor dat de ruwheid van D23 sneller toeneemt dan deze van D24. Bij D23 neemt de ruwheid  $3.3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1/3} \text{ s}^{-1}$  toe per meter diepte, waartegenover dit bij D24 slechts  $2.0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1/3} \text{ s}^{-1}$  per meter diepte bedraagt.

Het effect op M4 en M6 is niet significant en valt binnen de foutenmarge van de bepaling van de respectievelijke componenten.

Een extra scenario D25 onderzocht de invloed van een verhoogde ruwheid van de intergetijdegebieden op de harmonische componenten. Bij een uniforme ruwheid van  $n = 0.025 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}^{-1}$  werd voor de intergetijdegebieden gekozen voor  $n = 0.030 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}^{-1}$  (figuur 64). Het effect van deze ingreep op de harmonische componenten blijkt echter niet significant te zijn (het effect is kleiner dan de foutenmarge op het bepalen van de componenten), zie Figuur 74 en Figuur 76.

#### 6.4.2.4 Invloed van ruwheidsinstellingen

Simona rekent intern met Chézy-ruwheden, maar in de invoer kunnen verschillende ruwheidsformuleringen geselecteerd worden door de gebruiker. De omzetting naar een Chézy-coëfficiënt kan, afhankelijk van de berekeningswijze (zie §6.4.1), invloed hebben op de aangenomen ruwheid in het hydrodynamische model.

De invloed van de verschillende ruwheidformuleringen op de M2, M4 en M6 amplitudes kan teruggevonden worden in figuur 77 en figuur 78. Hieruit volgt duidelijk dat hogere amplitudes worden bereikt stroomafwaarts van Temse voor D22 (White-Colebrook) en D00 (Manning) in vergelijking met een constante Chézy-waarde (D21). D21 leidde voor de M2 amplitude tot 11 cm lager, en D22 tot 3 cm lager dan de referentierun D00. Het effect op M4 en M6 is niet significant.

Deze variatie in amplitude uit zich eveneens in de getij-asymmetrie (zie hiervoor figuur 79). Zo is de ratio M4/M2-amplitude het laagst voor de simulatierun D21. Stroomopwaarts van Temse worden de verschillen groter met D22 en D00. De faseverschuiving 2M2-M4 is het grootst voor D21; er zijn slechts kleine verschillen tussen D00 en D22.

Het gedrag van de harmonische componenten kan verklaard worden door de verschillen in ruwheden. In dit opzicht toont figuur 80 de Chézy-ruwheidswaarden zoals berekend door Simona in functie van de waterdiepte. Deze figuur toont duidelijk aan dat voor waterdieptes groter dan 8,36 m de ruwheden afnemen (d.w.z. toenemende Chézy-waarde) volgens:  $D00 < D22 < D21$ . Voor diepten lager dan 8,36 m geldt het omgekeerde. Hiervan vertrekkende is de evolutie van de verschillende harmonische componenten langsheen de Schelde te verklaren. In de diepere delen is de ruwheid het grootst voor D21 wat zich manifesteert in de laagste amplitudes voor M2, M4 en M6.

#### 6.4.2.5 2D versus 3D

Bij 2D-modellen wordt er impliciet uitgegaan van een logaritmisch vertikaal snelheidsprofiel in de

waterkolom. Bij 3D-modellen is de vorm van het profiel a priori niet gekend en kunnen, bijvoorbeeld, densiteitstromingen en andere 3D-stromingseffecten gesimuleerd worden. Zoals vermeld in §6.4.1.2 veronderstelt TRIWAQ een logaritmisch snelheidsprofiel voor de omrekening van een 2D-ruwheid naar een 3D-ruwheid, die op zijn beurt wordt gebruikt als randvoorwaarde in het turbulentiemodel. Indien aan de gestelde hypothesen praktisch voldaan is, zal de energiedissipatie in het 2D-model gelijk zijn aan zijn 3D-equivalent.

In dit opzicht werd de simulatierun D00, met een Manning-ruwheid van  $0,025 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$ , opnieuw doorgerekend maar ditmaal met 5 verticale modellagen. Het effect hiervan op de harmonische componenten is getoond in figuur 81 en figuur 82. Uit de resultaten blijkt dat er een groot effect is van een 3D-benadering i.p.v. een 2D-aanpak. Het verschil op de M2 component kan oplopen tot 13 cm. Het verschil in M6 en M4 is niet significant. Dit wijst erop dat er zich niet altijd een logaritmisch profiel voordoet in de Schelde, wat enigszins te verwachten was. Er is dus extra energiedissipatie in de waterkolom, welke resulteert in een verlaagde M2 amplitude in 3D ten opzichte van 2D. De toegenomen energiedissipatie zorgt tevens voor een grotere M4/M2-ratio (en bijhorende 2M2-M4 faseverschuiving) of een grotere vloeddominantie (zie figuur 82).

Deze observaties leiden tot de conclusie dat gekalibreerde parameters van een 2D-model niet kunnen worden overgenomen in een 3D-model, en dat bij de overgang van 2D naar 3D een herkalibratie zich opdringt.

### 6.4.3 Conclusies

Uit de voorgaande analyse is gebleken dat de geografische distributie van de ruwheid cruciaal is om de getij-indringing in het estuarium correct te beschrijven.

Bij het opleggen van een uniforme ruwheid wordt de versterking van de tijslag door het convergente karakter van het estuarium versterkt of verzwakt door een lage, respectievelijk hoge ruwheid te weerhouden. Het is gebleken dat de ideale, gemiddelde Manning-ruwheid voor de Westerschelde zich situeert tussen de waarden van  $0,025$  en  $0,028 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$ . Een uniforme ruwheid is echter niet in staat de evolutie van de M2 amplitudegradiënt langsheen het estuarium te beschrijven zodat een ruimtelijk variabele ruwheid nodig is in het model.

De gevoeligheidsanalyse toonde aan dat de gradiënt van de M2 amplitude wijzigt in de regio waar de lokale wijziging van de ruwheid plaatsgrijpt. In de gebieden op- en afwaarts van de betreffende regio blijft de gradiënt nagenoeg constant; dit betekent uiteraard niet dat de amplitude gelijk blijft. De invloed van de ruwheidsvariatie wordt eveneens groter naarmate het gebied vergroot waarbinnen de ruwheid wijzigt. Gelijkaardige effecten werden waargenomen voor de M4 amplitude in de meest afwaartse gebieden, i.e. van de monding tot Baarland. In de rest van de Westerschelde, de sectie Baarland – Liefkenshoek, heeft een lokale ruwheidsverandering geen significant effect op M4. Dit geldt niet voor de Zeeschelde, waar wel grotere wijzigingen in amplitude optreden bij ruwheidsvariatiën. In de Boven Zeeschelde beperkt de invloedzone zich tot de zone waarbinnen de ruwheid gewijzigd werd. Een inversie-situatie treedt daarentegen op bij ruwheidsveranderingen in de Beneden Zeeschelde. Bij een lokaal kleinere ruwheid vergroot de amplitude in het betreffende gebied zoals verwacht. Afwaarts hiervan verkleint de M4 amplitude echter. Een zelfde gedrag kon vastgesteld worden voor de M6 amplitude.

Een eveneens belangrijke conclusie is gerelateerd aan het gebruik van identieke ruwheidsvelden in 2D en 3D modellen. Het onderzoek wees uit dat de ruwheidsparameters niet eenvoudigweg overgenomen kunnen worden en dat een herkalibratie noodzakelijk is.

## 7 Conclusies

Ter voorbereiding van de kalibratie van het NEVLA-model werd een gevoeligheidsonderzoek uitgevoerd met als doel kennis op te bouwen over de invloed van de verschillende modelinstellingen, bodemligging, randvoorwaarden etc. Het start- en referentiepunt dat in deze studie werd gehanteerd, is dan ook het NEVLA-model (Alkyon, 2004).

Hoewel bij de roosteraanpassingen werd gecontroleerd of het geselecteerde rekenrooster ook kan worden opgestart in 3D, is deze gevoeligheidsanalyse overwegend een 2D oefening. Vooral wat betreft de invloed van ruwheid op de waterbeweging blijkt er een belangrijk verschil te zijn tussen 2D en 3D hydrodynamische modellen. Deze gevoeligheidsanalyse geeft daarom interessante info voor de latere kalibratieslag van het 2D NEVLA-model, maar is minder geschikt in de voorbereiding van een kalibratie van een 3D hydrodynamisch model (bijvoorbeeld het LTV slibmodel).

Dit rapport beschrijft een actualisatie van het NEVLA-rekenrooster in het Rupelbekken en in de Boven Zeeschelde tussen Temse en Melle. Deze roosteraanpassingen zijn de synthese van werk dat eerder al op delen van het rooster was verricht om de waterdoorstroming in de opwaartse gebieden te verbeteren. Het geactualiseerde rooster is identiek aan het NEVLA-rooster afwaarts van Schelle. Een rooster dat maar een paar cellen in de stroomvoerende breedte kent, kan voor obstructies in de stroming zorgen indien de langsas van de rivier niet evenwijdig loopt met de as van het rooster. Een hertekening van het rooster, zodat het beter de as van de rivier volgt, kan de doorstroming significant verbeteren. Indien de rivier lokaal sterk meandert, kan ervoor worden geopteerd om de bodem van het model te laten afwijken van de werkelijkheid (minder bochtig te maken). Deze techniek helpt te vermijden dat er met een al te fijn rooster moet worden gerekend om alle meanders opwaarts in detail te beschrijven, en is toegepast in het Rupelbekken. Alternatieve manieren om de waterdoorstroming opwaarts te verbeteren zijn een lokale verlaging van de ruwheid en een roosterverfijning. Deze laatste 2 technieken komen niet aan bod in deze gevoeligheidsanalyse.

De actualisatie van het rooster zorgt voor een toename van het aantal actieve rekencellen met 2% ten opzichte van NEVLA, en een uitbreiding in de N-richting van 391 cellen.

Er zijn verschillende technieken voorhanden om van een opmeting van bathymetrie over te gaan naar een modelbathymetrie met één dieptewaarde per rekenknoop. De algoritmes die rekening houden met de afstand tussen de dieptemeting en de rekenknoop (met name het *shepard* en het *closest* algoritme) geven een grotere komberging in de diepere delen, en een kleinere komberging in de ondiepe delen, met het buigpunt op circa -3 m NAP. Dit is te verklaren indien men een concave beddingvorm aanneemt voor de diepere delen van de bathymetrie, en een convexe vorm voor de ondiepere delen. Het buigpunt markeert dan de voet van de intergetijdegebieden. De invloed van de *closest* of *shepard* interpolatietechniek is verder eerder marginaal ten opzichte van de techniek van *gridcell averaging*, zowel op amplitude en fase van M2, maar ook op de andere onderzochte componenten (M4, M6, O1, K1, S2). Ter illustratie: het niveau van hoog- en laagwater te Antwerpen verandert met minder dan 1 centimeter, en het tijdstip van optreden met minder dan 1 minuut tussen de *averaged*, *shepard* en *closest* bathymetrieën.

Indien per rekenknoop de *diepste* waarde van de beschikbare lodingsgegevens wordt gekozen om de modelbathymetrie te bepalen, wordt er gemiddeld (voor dit rooster) een overschatting van de bathymetrische diepte van 69 cm gemaakt. Er dient bijgevolg steeds met zorg te worden omgesprongen met bathymetriën die naar een regelmatig rooster worden gebracht via een algoritme dat de (nautisch interessante) minst diepe waarde geeft per cel. Het effect op de waterstand om voor de modelbathymetrie enkel met de diepste of ondiepste lodingsgegevens per rekencel te werken is anders op hoog- dan op laagwater. In de diepere bathymetrie komt het hoogwater in Antwerpen gemiddeld 6.5 minuten sneller dan in de gemiddelde bathymetrie, terwijl het in het ondiepere B04 meer dan 12 minuten trager komt. Deze asymmetrie is minder uitgesproken voor laagwater. In de diepere bathymetrie komen de laagwaters in Antwerpen gemiddeld gezien 10.8 minuten sneller, terwijl ze in de ondiepere

bathymetrie 13.3 minuten trager komen. De hier uitgevoerde gevoeligheidsanalyse toonde aan dat de doorstroming in de opwaartse modelgebieden verbeterd kon worden door een lokale bathymetrie te gebruiken gebaseerd op de diepste waarde van de lodingsgegevens in een rekencel.

De invloed van een verhoging of verlaging van de intergetijdegebieden op de waterbeweging is eerder beperkt. Het effect op de M4 component is relatief gezien het sterkst van alle geanalyseerde componenten (M2, M4, M6, O1, K1, S2). Een verhoging van de intergetijdegebieden met 20 cm leidt tot een versterking van de M4 component met 1 cm en tot een verhoging van de verhouding van amplitudes M4/M2 met 1%. Dit effect is het sterkst merkbaar in de Westerschelde waar ook de grootste oppervlakte aan intergetijdegebied is terug te vinden.

Wat de opwaartse modelrand te Merelbeke betreft, lijkt het niet zoveel uit te maken of er nu uur- dan wel 5 minuutwaarden van bovendebiet op deze rand worden opgelegd. Indien echter daggemiddelde debieten worden opgelegd, gaat een belangrijk deel van de variatie van het bovendebietsignaal verloren. Dit effect laat zich bij een grote variatie van bovendebiet stroomafwaarts merken in de waterstanden tot in Temse; te Wetteren kan de afwijking in waterstanden oplopen tot 80 cm. Gezien de grote invloed van de rand in Merelbeke op de waterstanden in de Boven Zeeschelde, kan het interessant zijn om het model te beperken tot Melle, en de debieten (positief en negatief) die gemeten worden door de ADM'er te Melle als uurwaarden op te leggen op de rand. Dit alternatief is niet doorgerekend in deze gevoeligheidsanalyse, maar is een interessant scenario om later te bestuderen.

De invloed van wind is in het NEVLA-model al grotendeels vervat als opzet in de waterstandsrand Cadzand-Westkapelle. Het al of niet opleggen van een uniform windveld kan een bijkomend effect tot 20 cm hebben op de waterstand in de onderzochte periode. Er is bijkomend onderzoek nodig om het effect van wind verder uiteen te rafelen volgens windrichting en windsnelheid.

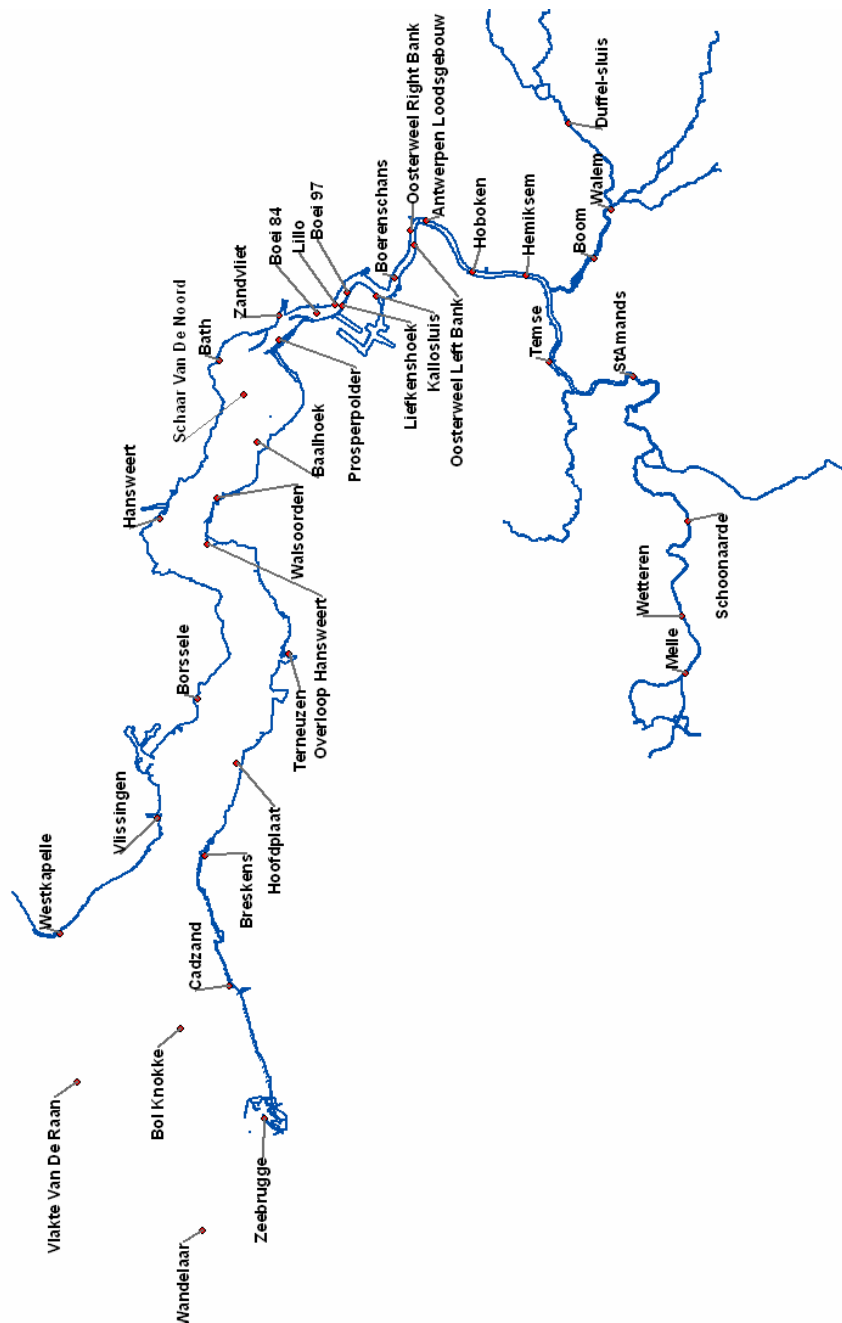
Een uniforme stijging van de ruwheid verlaagt de amplitudes van M2, S2 en M6 over het hele estuarium. De invloed op M4 is groter in de Westerschelde en opwaarts Antwerpen, dan tussen de Belgisch-Nederlandse grens en Kallo. Een uniform hogere ruwheid geeft een grotere faseverschuiving 2M2-M4, en dus een meer vloeddominant karakter aan de tijgolf. Ook de parameter M4/M2 (maatstaf voor de getij-asymmetrie) stijgt met grotere ruwheid, echter enkel opwaarts van Bath; tussen de zeerand en Bath is dit verloop net tegenovergesteld.

Door verder het effect van de ruwheid in 10 deelzones gedetailleerd in kaart te brengen, wordt er een bibliotheek aangelegd van de invloed van een ruwheidsverandering in één bepaalde deelzone van het model. Deze bibliotheek kan in een latere fase bij de kalibratie van het model gebruikt worden. Hoewel het aanleggen van zo een bibliotheek veel rekentijd (20 runs van het volledige model) vraagt, was de inspanning eerder beperkt, aangezien het hele proces van pre- en postprocessing geautomatiseerd verloopt.

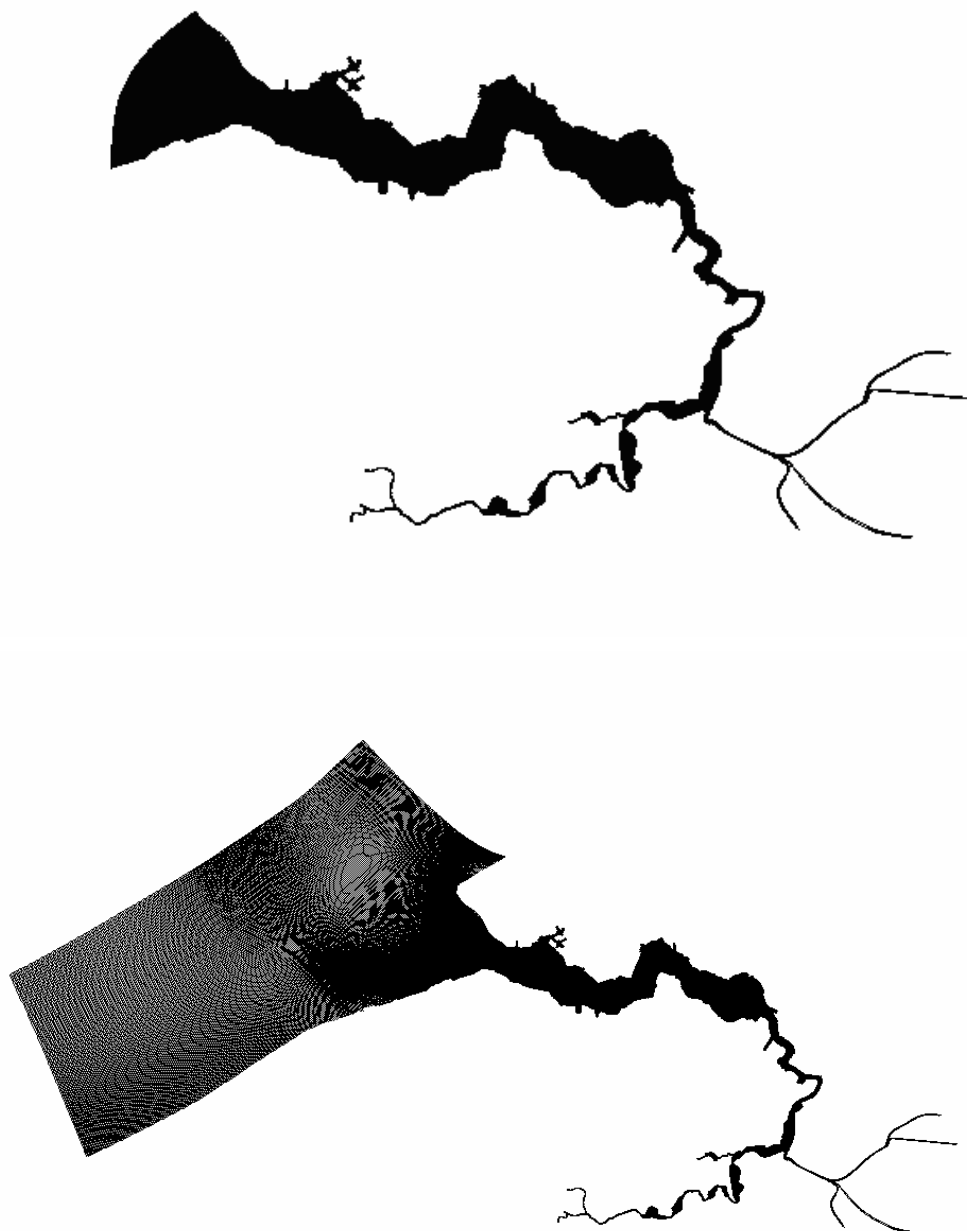
## 8 Referenties

- Adema J. (2006) Evaluatie van hydraulische modellen voor operationele voorspellingen. Deelopdracht 3: Afregelen van Vlaamse rivieren in het Kustzuid model en vergelijking Kalman sturing. Rapport Alkyon A1401R3r2, in opdracht van het Waterbouwkundig Laboratorium (M.729-09).
- Alkyon (2004). 2Dh NEVLA-Scheldemodel. Bouw en afregeling stromingsmodel. Model 753-01.
- IMDC (2002). Studie densiteitsstromingen in het kader van LTV. Verslag van de langdurige debietsmeting aan het sluizencomplex te Merelbeke.
- IMDC (2004). Opmaak van numerieke hydrologische en hydraulische modellen in het Leiebekken. Deel IV: Hydrodynamische modellering, bestaande toestand. Eindrapport (ref I/RA/11228/03.054/FFO)
- Kessel T. van, Vanlede J. and Bruens A. (2006). Development of a mud transport model for the Scheldt estuary in the framework of LTV. WL | Delft Hydraulics (report Z4210) & Waterbouwkundig Laboratorium (M756-01)
- Pawlowicz R., Beardsley B. and Lentz S. (2002). Classical Tidal Harmonic Analysis Including Error Estimates in MATLAB using T\_TIDE. Computers and Geosciences
- Rijkswaterstaat/RIKZ (2006). TRIWAQ – three-dimensional shallow water flow model. Technical documentation. SIMONA rapport 99-01. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, Nederland.
- Verelst K., De Mulder T. en Mostaert F. (2008) Zeeschelde tussen Gentbrugge en Melle. Verbetering hydrodynamisch numeriek modelinstrumentarium. WL mod 800-1
- Wang Z.B., Jeuken M.C.J.L., Gerritsen H., de Vriend H.J. and Kornman B.A. (2002). Morphology and asymmetry of the vertical tide in the Westerschelde estuary. Continental Shelf Research, 22, 2599-2609
- Winterwerp J.C., Wang Z.B., Stive M.J.F., Arends A., Jeuken C., Kuijper C. and Thoolen P.M.C. (2001). A new morphological schematization of the Western Scheldt Estuary, The Netherlands. 2nd IAHR Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics, Obihiro, Japan, September 2001.
- WL Delft Hydraulics (2005). Quickin Manual. Version 4.01

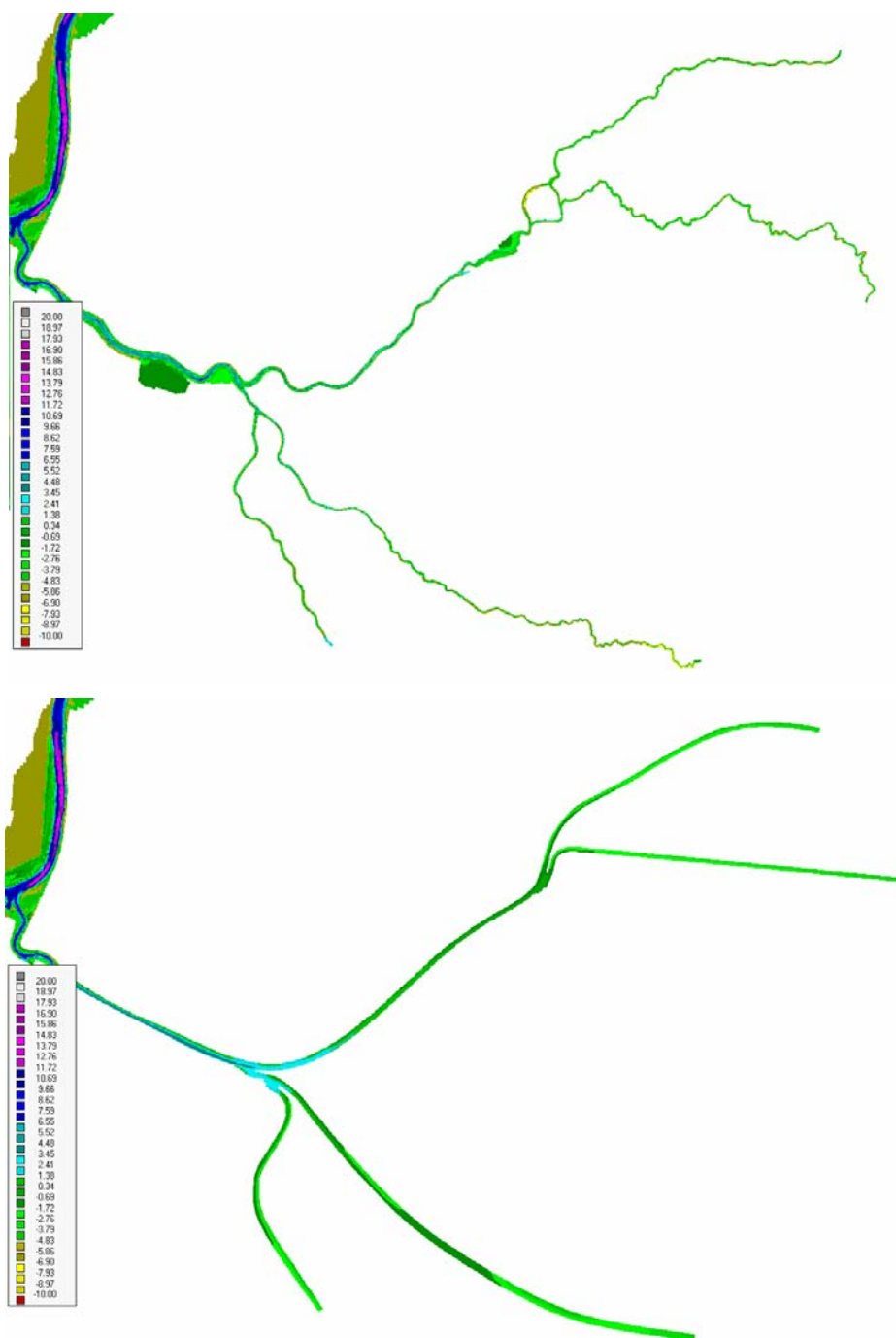
## Bijlage A: Figuren



Figuur 1 - Posities uitvoerpunten

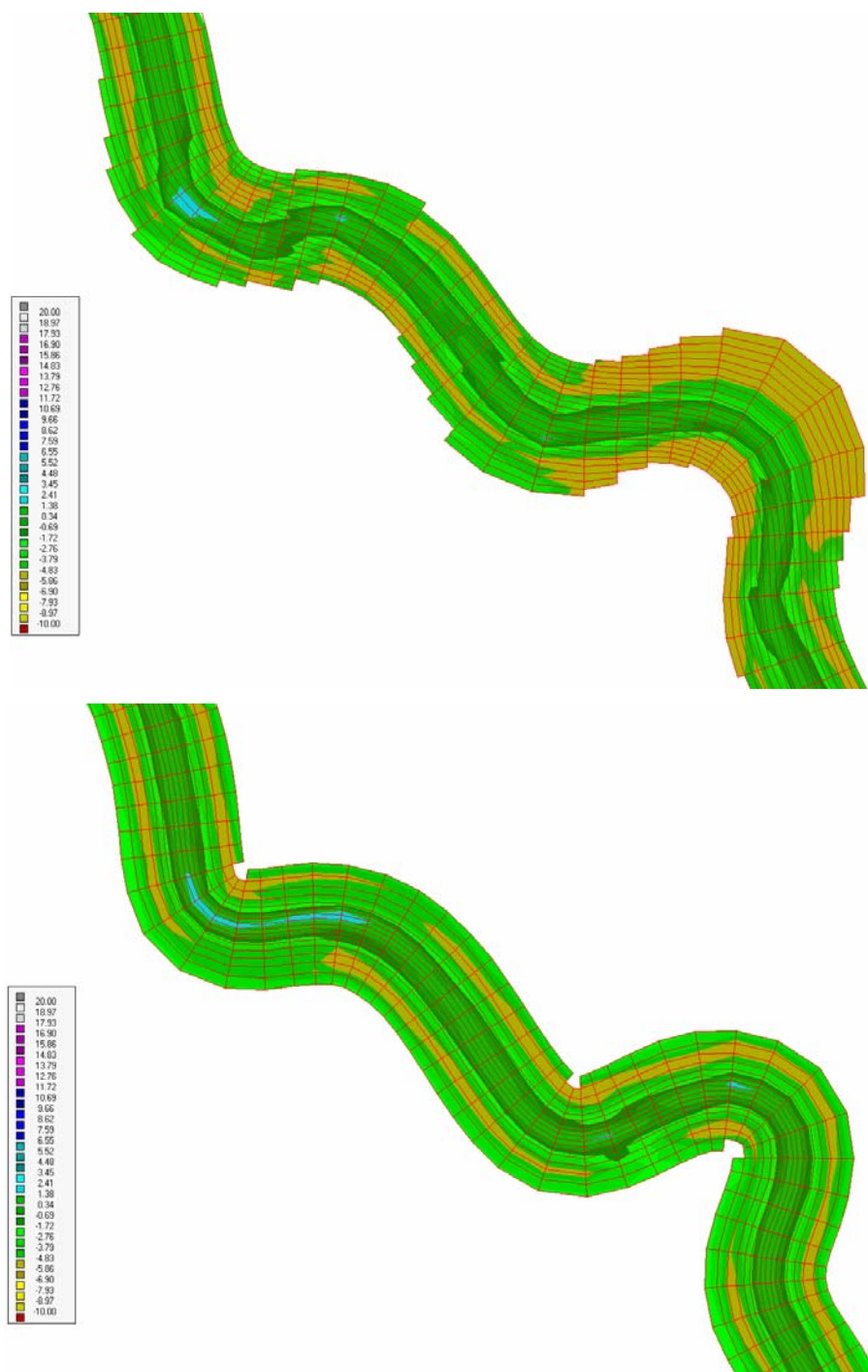


Figuur 2 - Effect van aanpassing van de enclosure. Boven: rekenrooster met afwaartse rand te Cadzand – Westkapelle. Onder: rekenrooster met afwaartse rand in zee

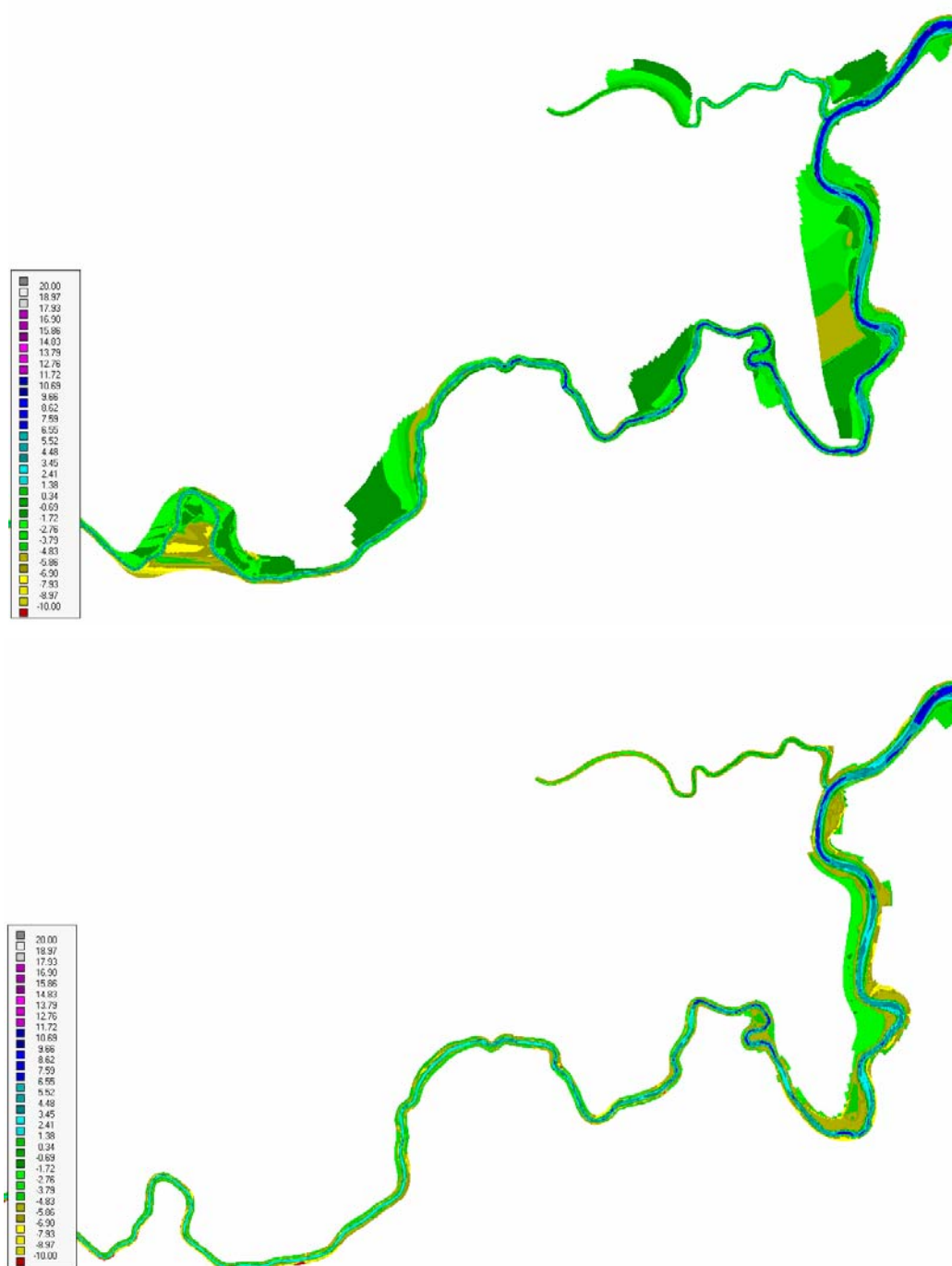


Figuur 3 - Bathymetrie in het Ruppelbekken voor A00 (boven) en A01b (onder)

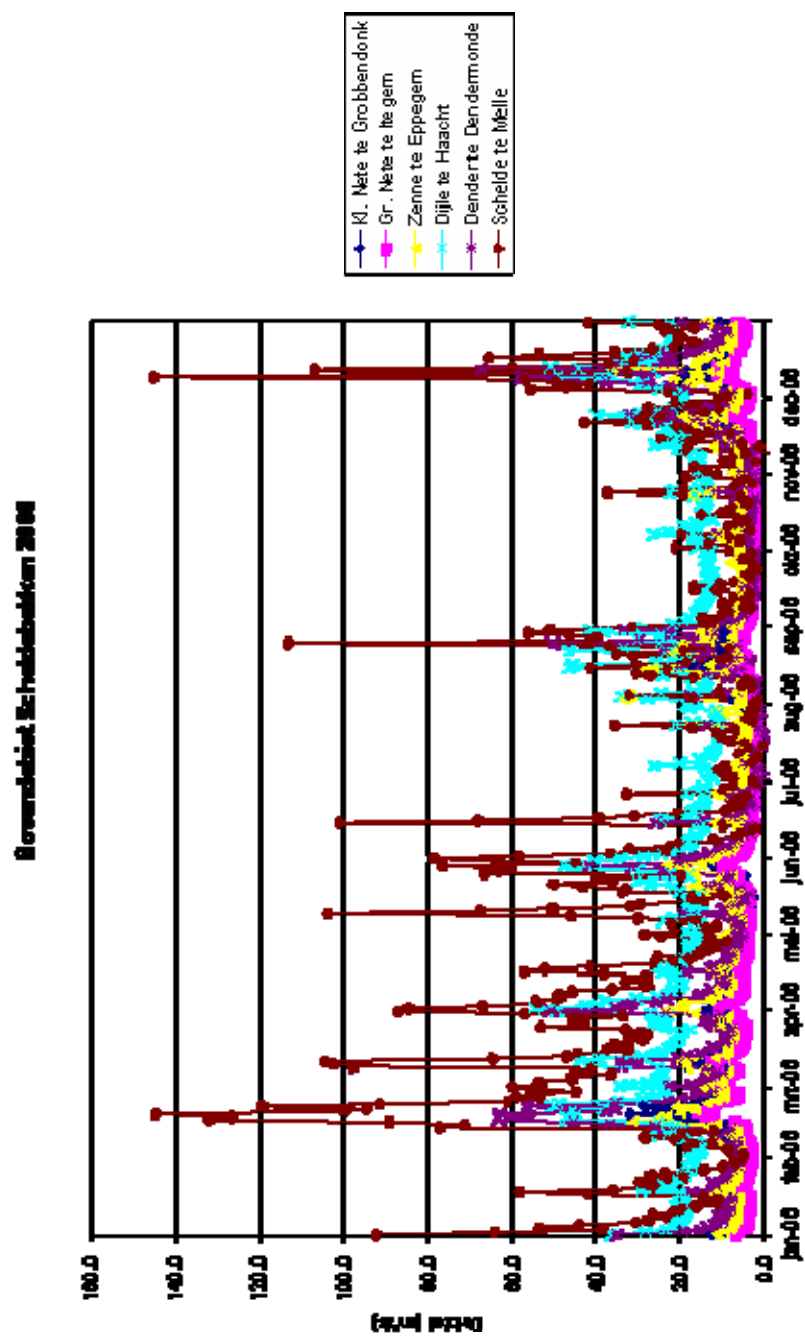




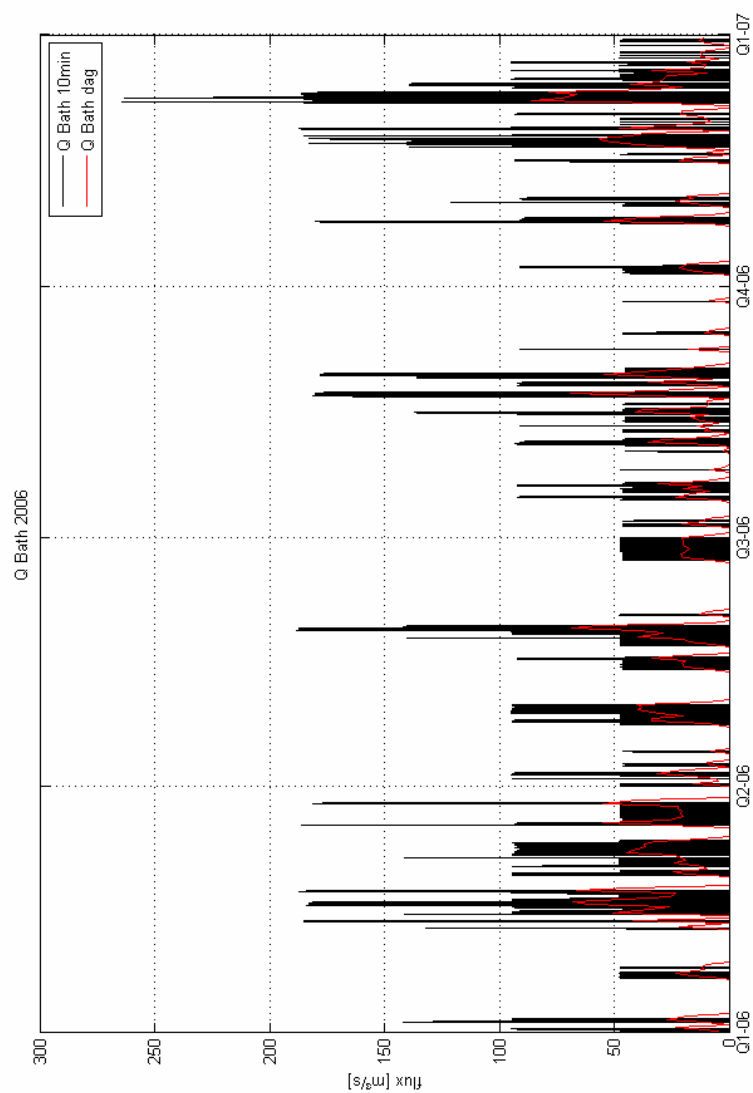
Figuur 4 - Bathymetrie in de Grote Nete voor A00 (boven) en A02 (onder)



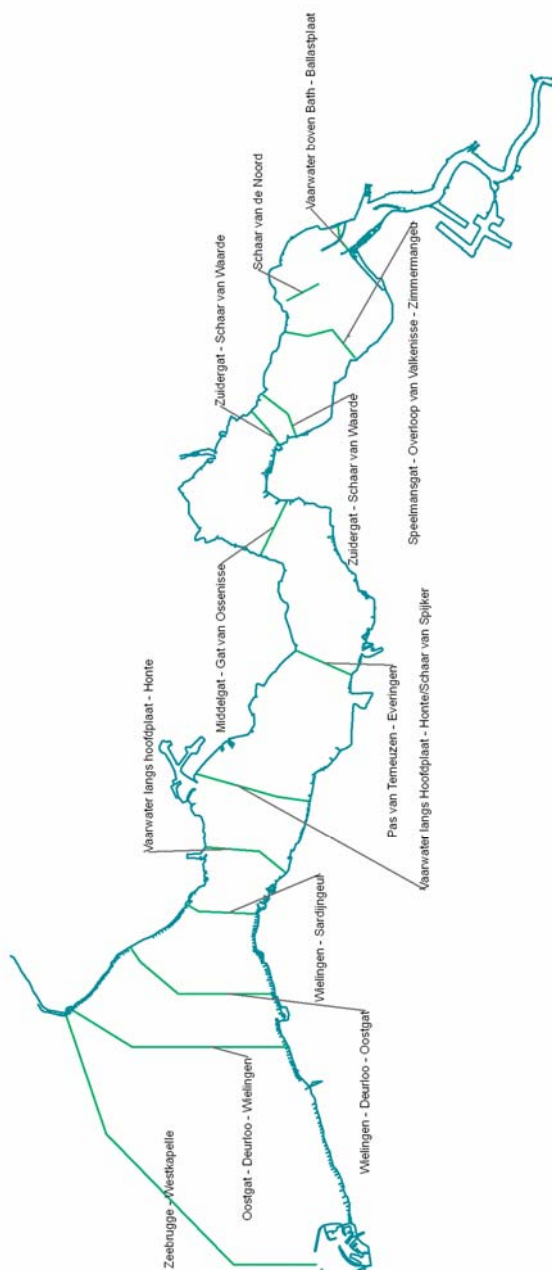
Figuur 5 - Bathymetrie in de Boven Zeeschelde voor A00 (boven) en A03c (onder)



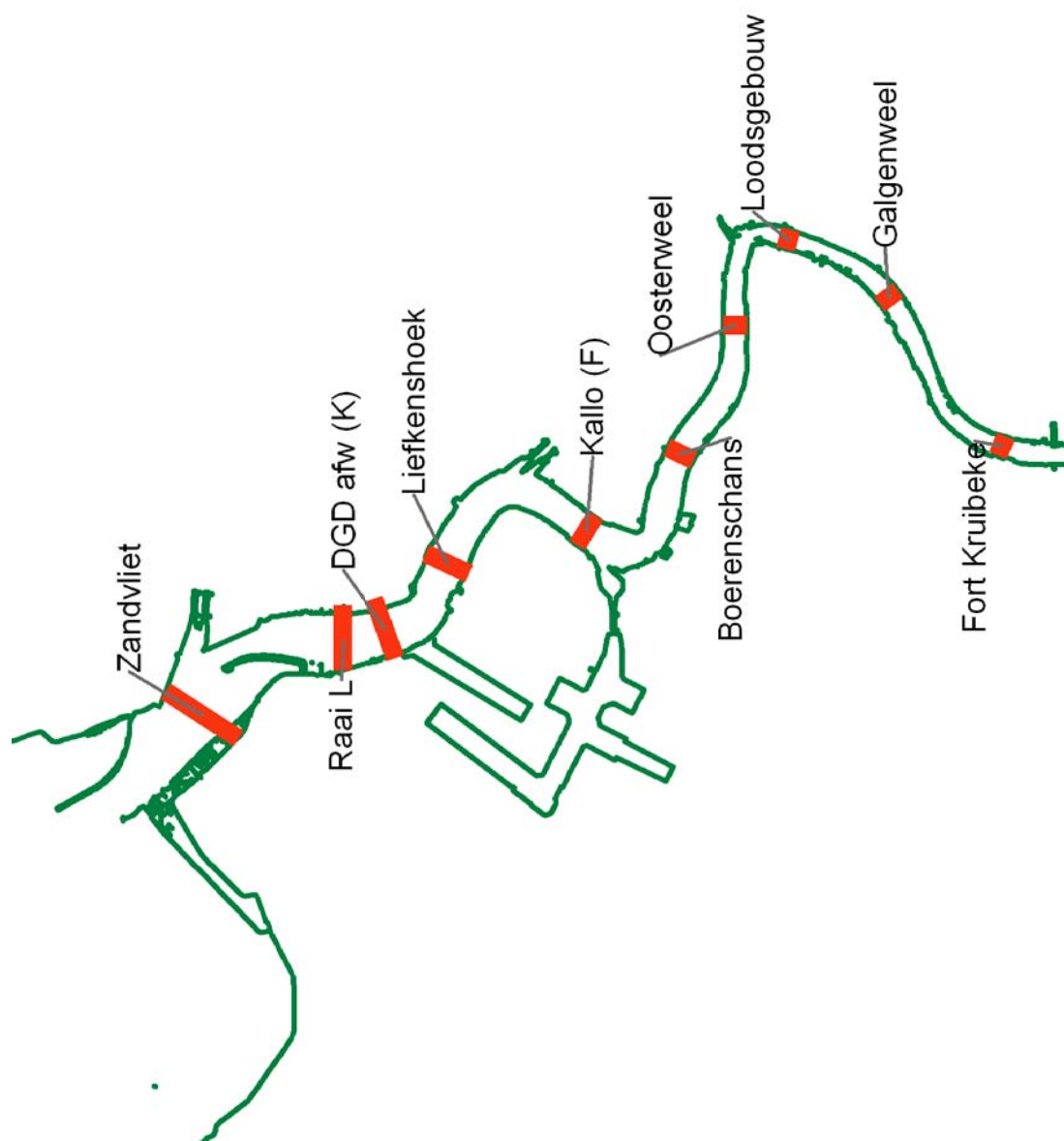
Figuur 6 - Zoet water bovenafvoer in het Scheldebekken voor 2006 (bron: Waterbouwkundig Laboratorium, cel hydrometrie)



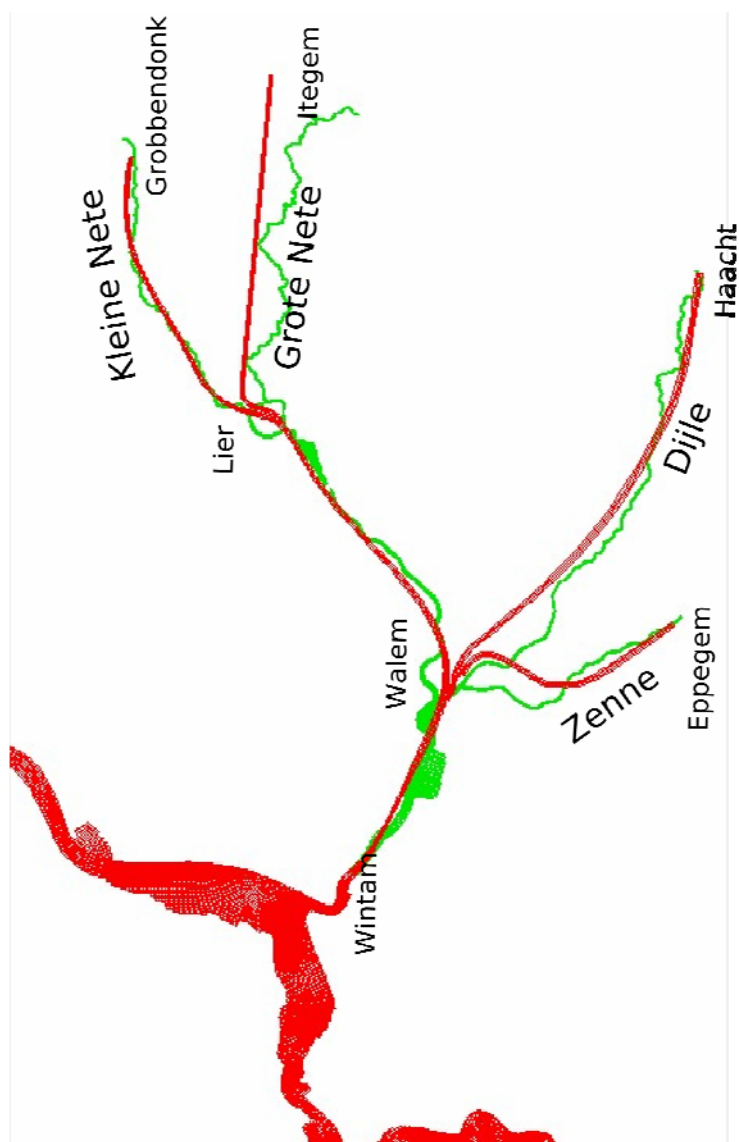
Figuur 7 - Zoetwateraanvoer in Bath voor 2006 (bron: Rijkswaterstaat Zeeland)



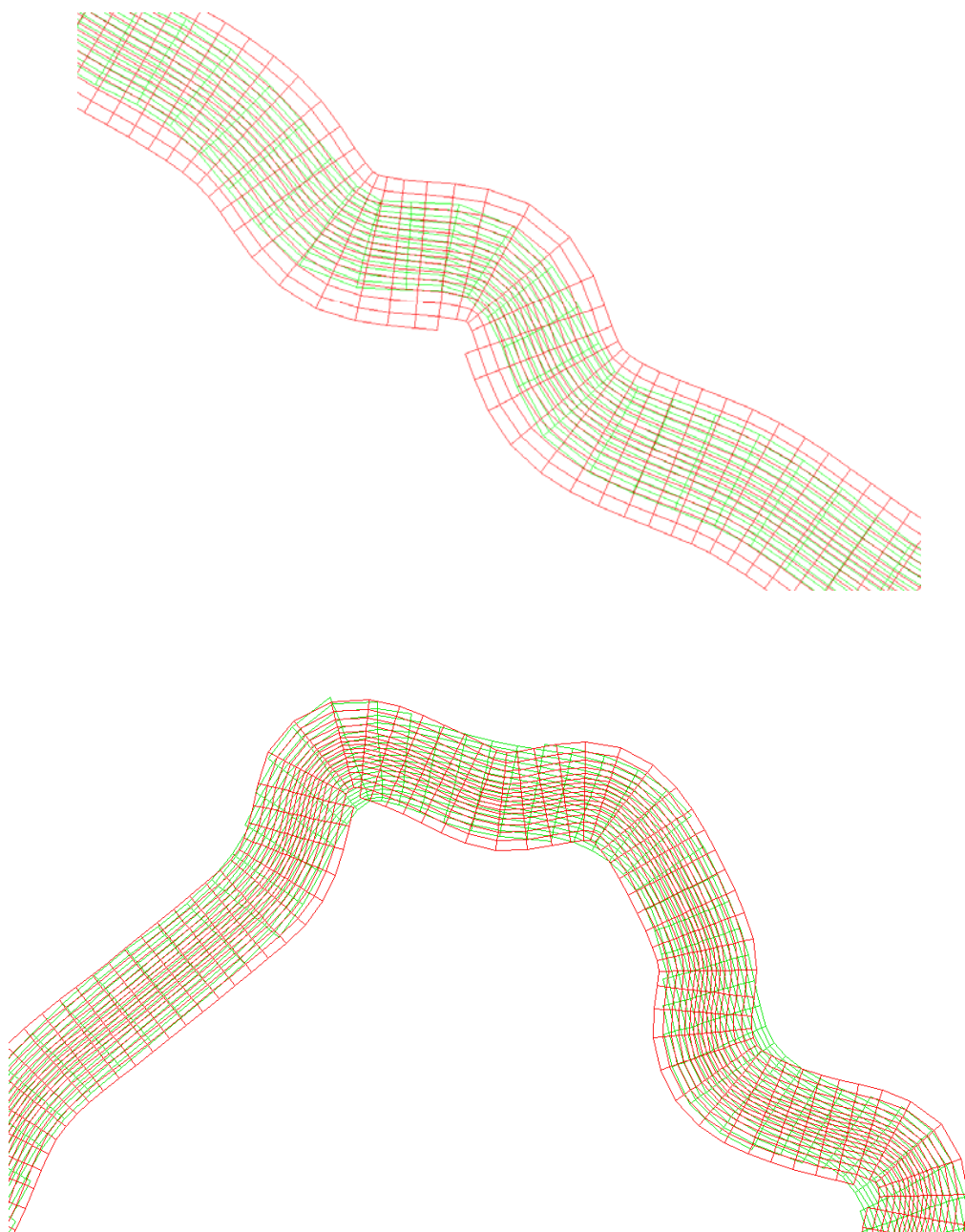
Figuur 8 - Uitvoerradii Westerschelde



Figuur 9 - Uitvoerradii Zeeschelde Zandvliet - Schelle

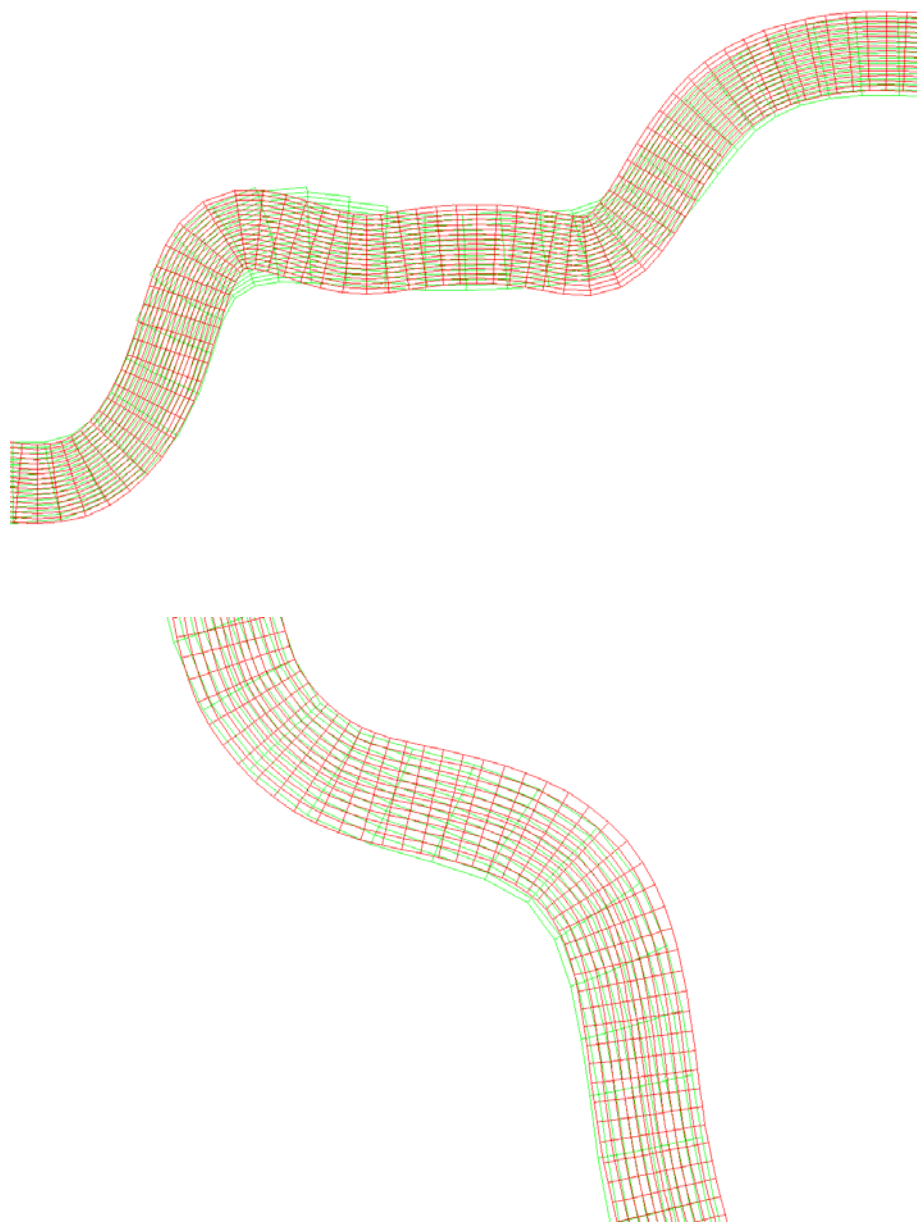


Figuur 10 - Vereenvoudiging van het rooster in het Rupelbekken. Rooster A00 (rood) en rooster A01b (groen)

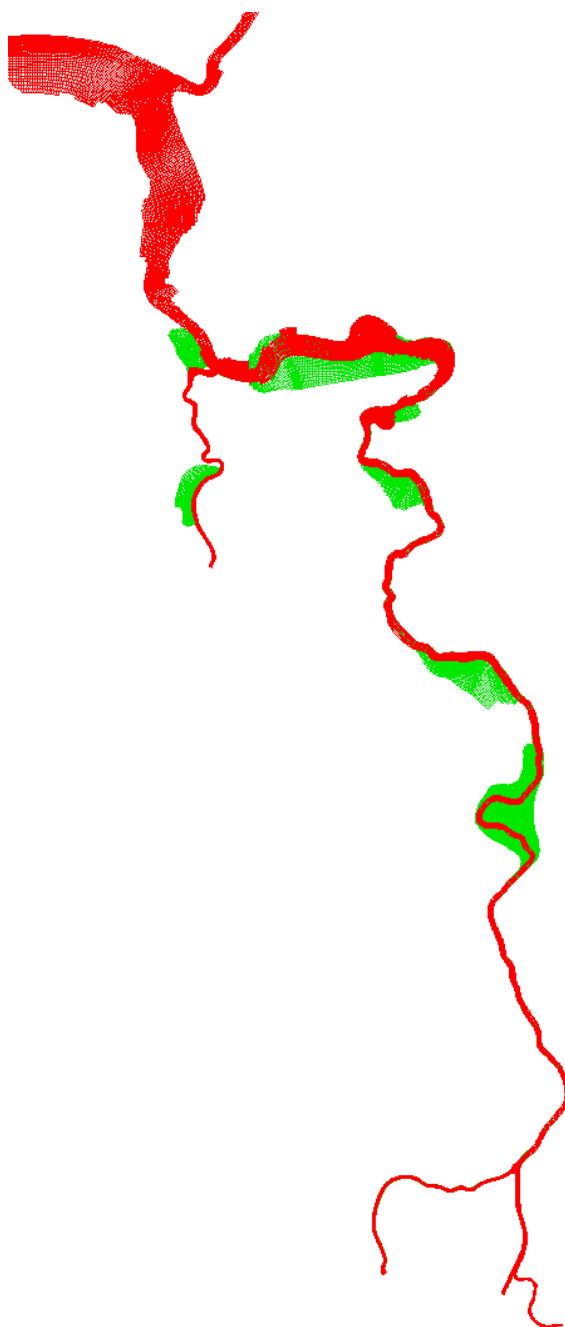


Figuur 11 - Roosteraanpassing in het Rupelbekken. Rooster A02 (rood) en rooster A00 (groen). Dijle (boven), Grote Nete (onder)

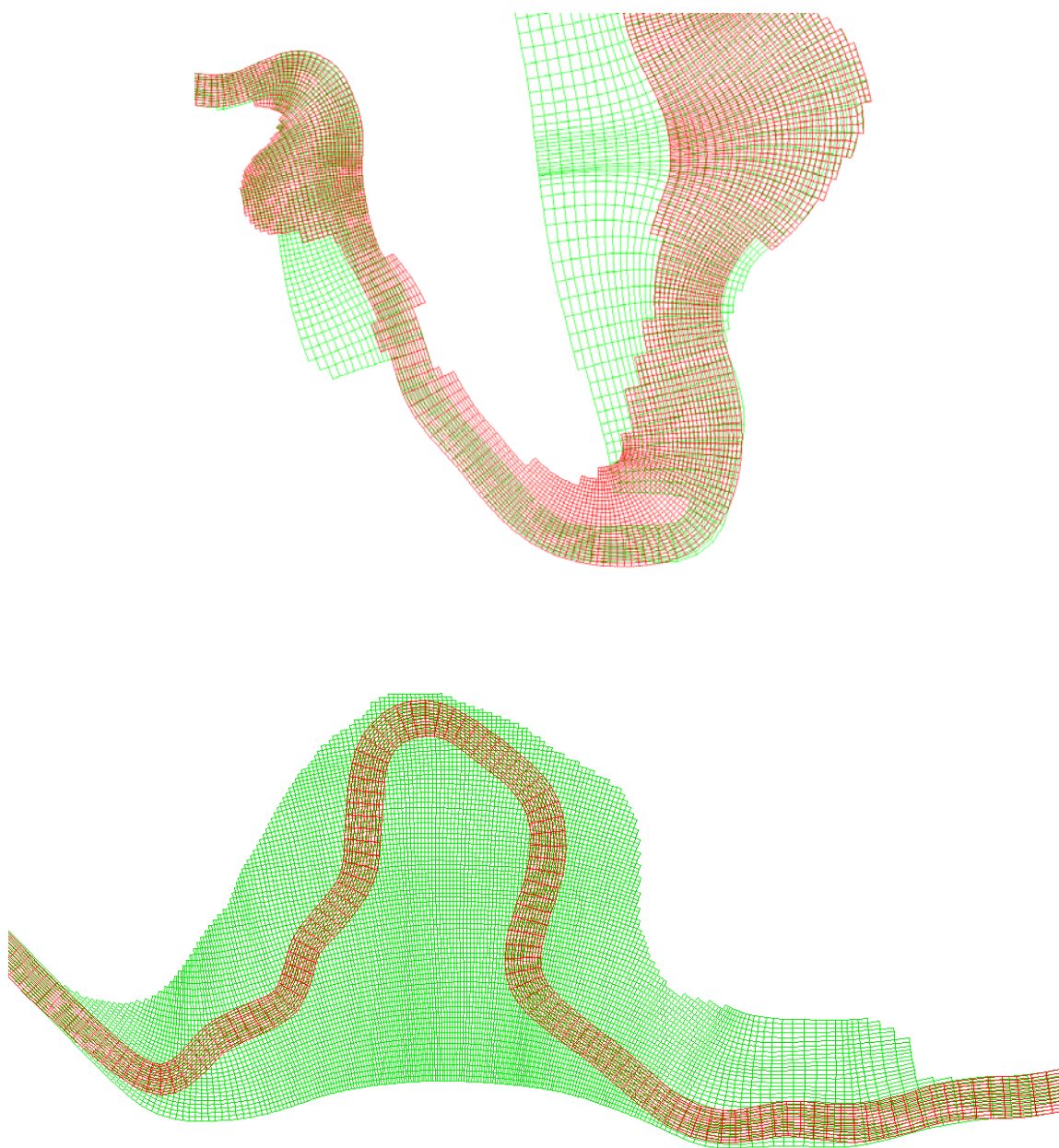




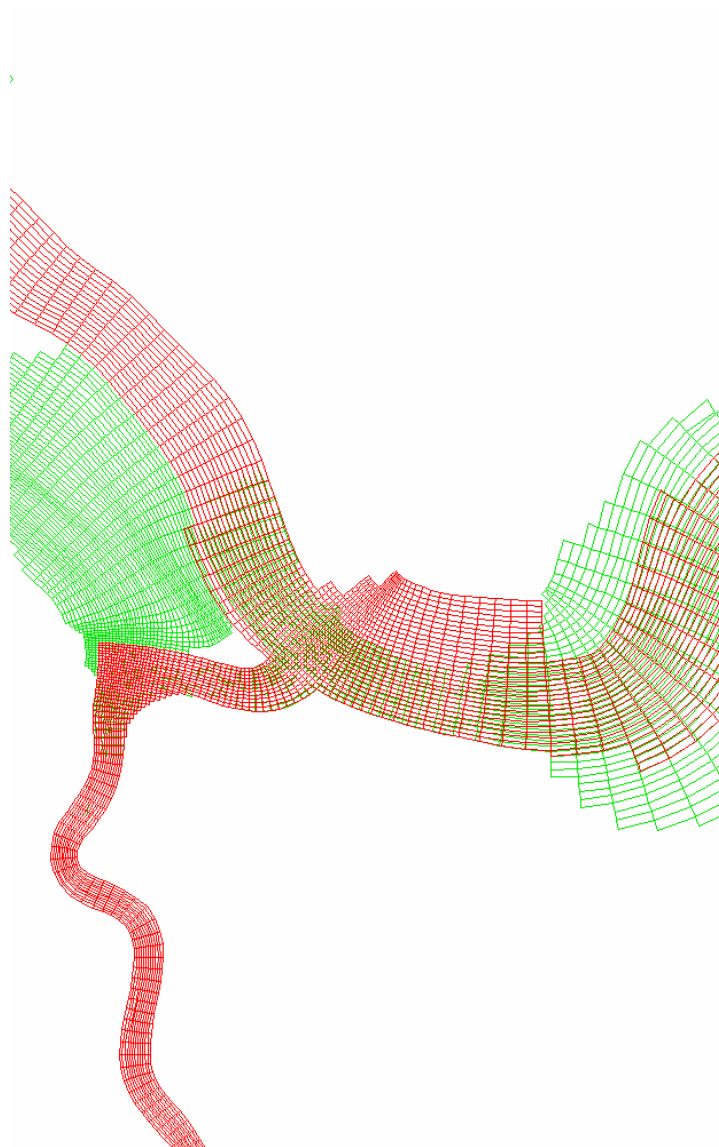
Figuur 12 - Roosteraanpassing in het Rupelbekken. Rooster A02 (rood) en rooster A00 (groen). Kleine Nete (boven), Zenne (onder)



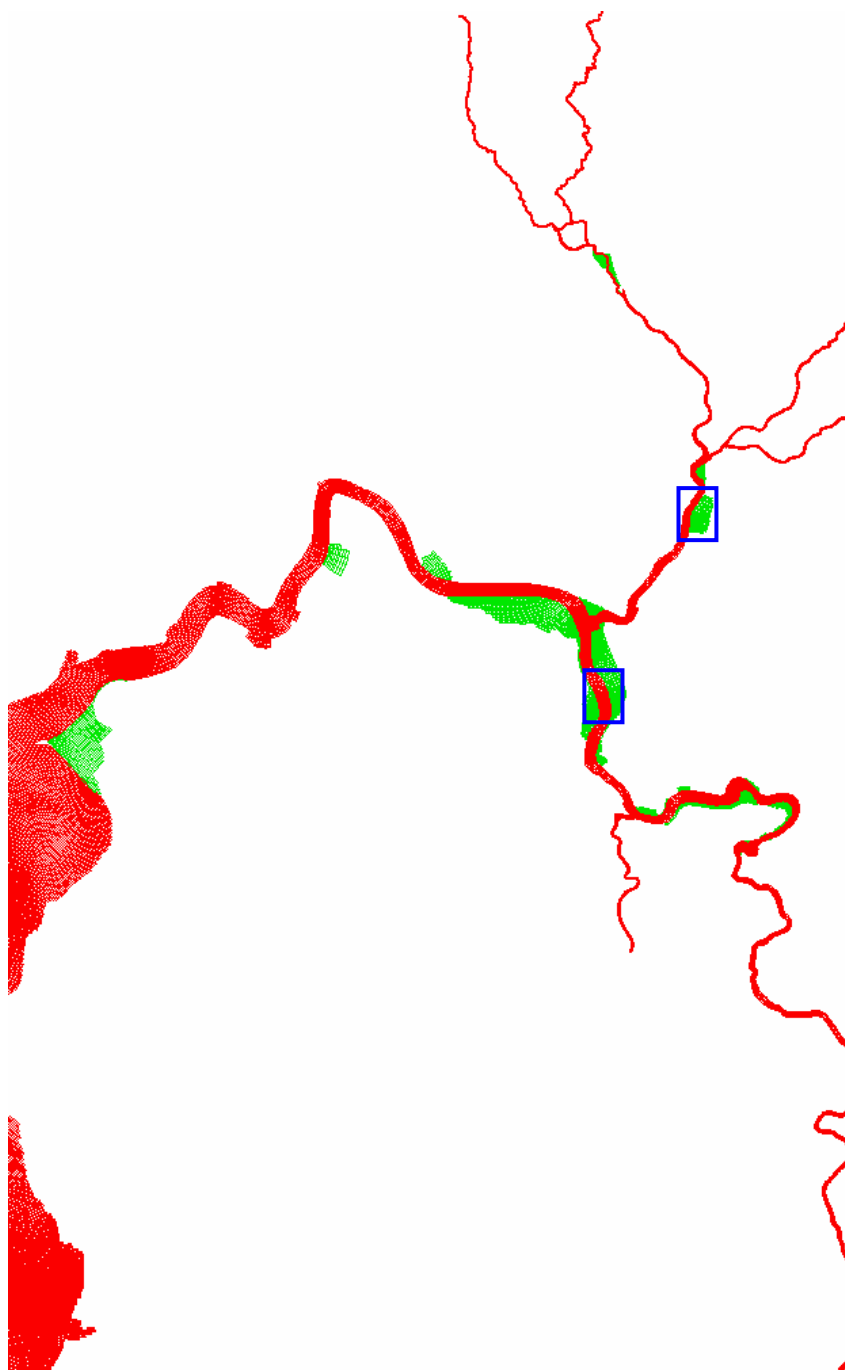
Figuur 13 - Roosteraanpassingen in de Boven Zeeschelde. Rooster A03 (rood) en rooster A00 (groen).



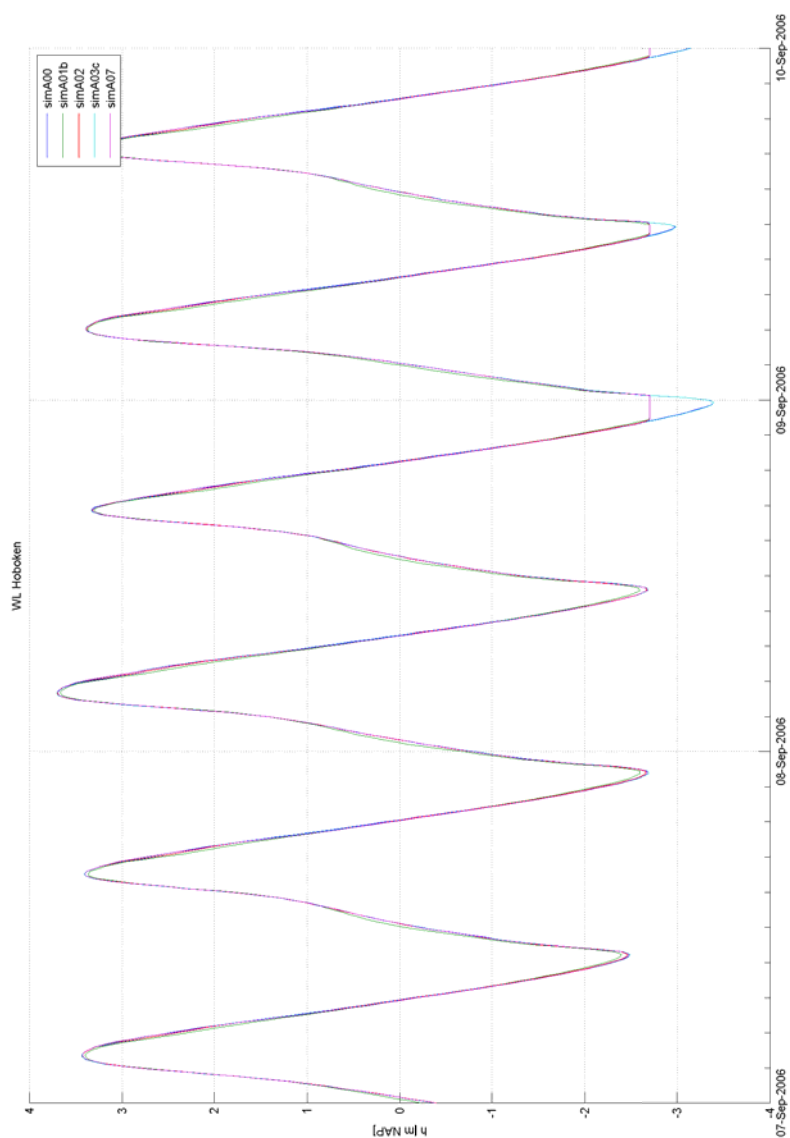
Figuur 14 - Roosteraanpassingen in de Boven Zeeschelde. Rooster A03 (rood) en rooster A00 (groen). Detail St Amands (boven) en detail Uitbergen (onder)



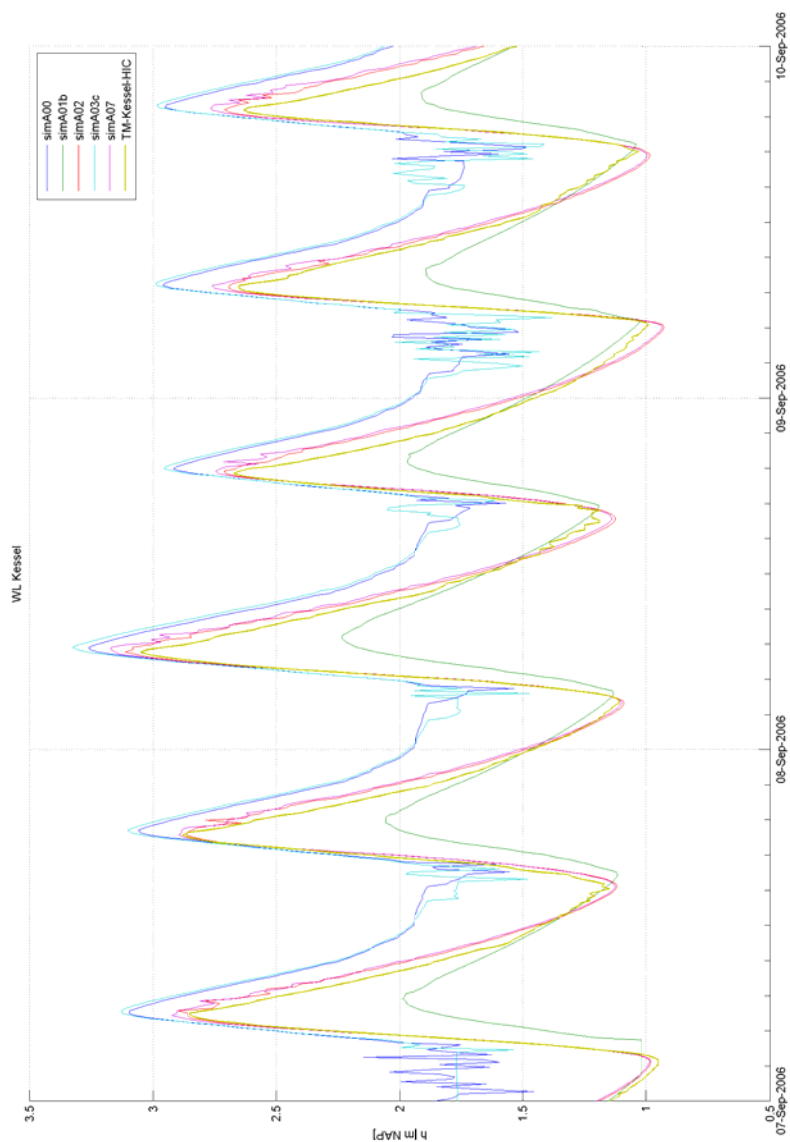
Figuur 15 - Roosteraanpassingen in de Boven Zeeschelde. Rooster A03 (rood) en rooster A00 (groen). Detail schor aan de Rupelmonding.



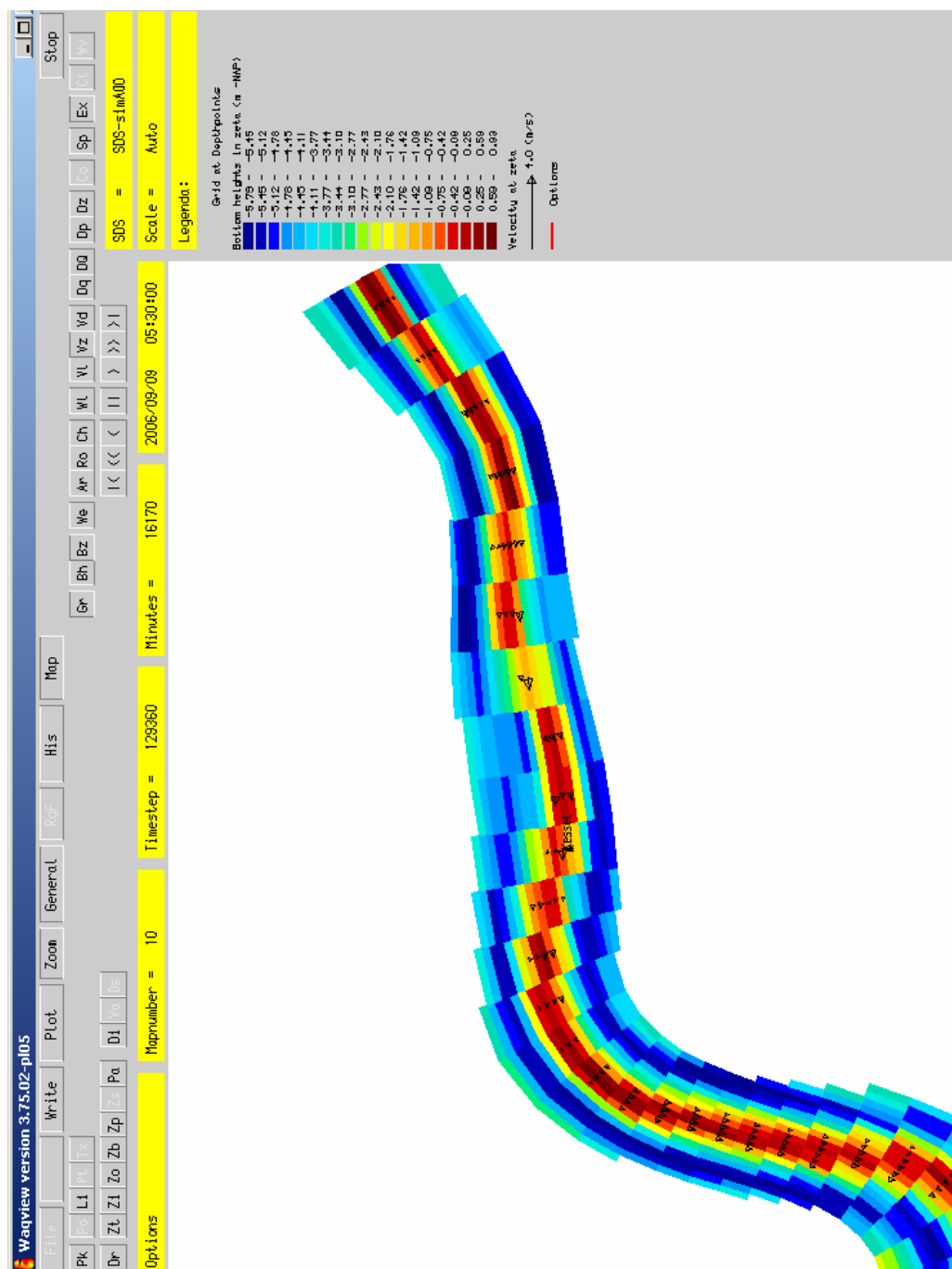
Figuur 16 - Afknippen van overstromingsgebieden. Rooster A07(groen) en A07b (rood). De blauwe vierkanten geven de zones aan waarbinnen figuur 28 en figuur 29 zijn gemaakt.



Figuur 17 - Gesimuleerde waterstanden te Hoboken

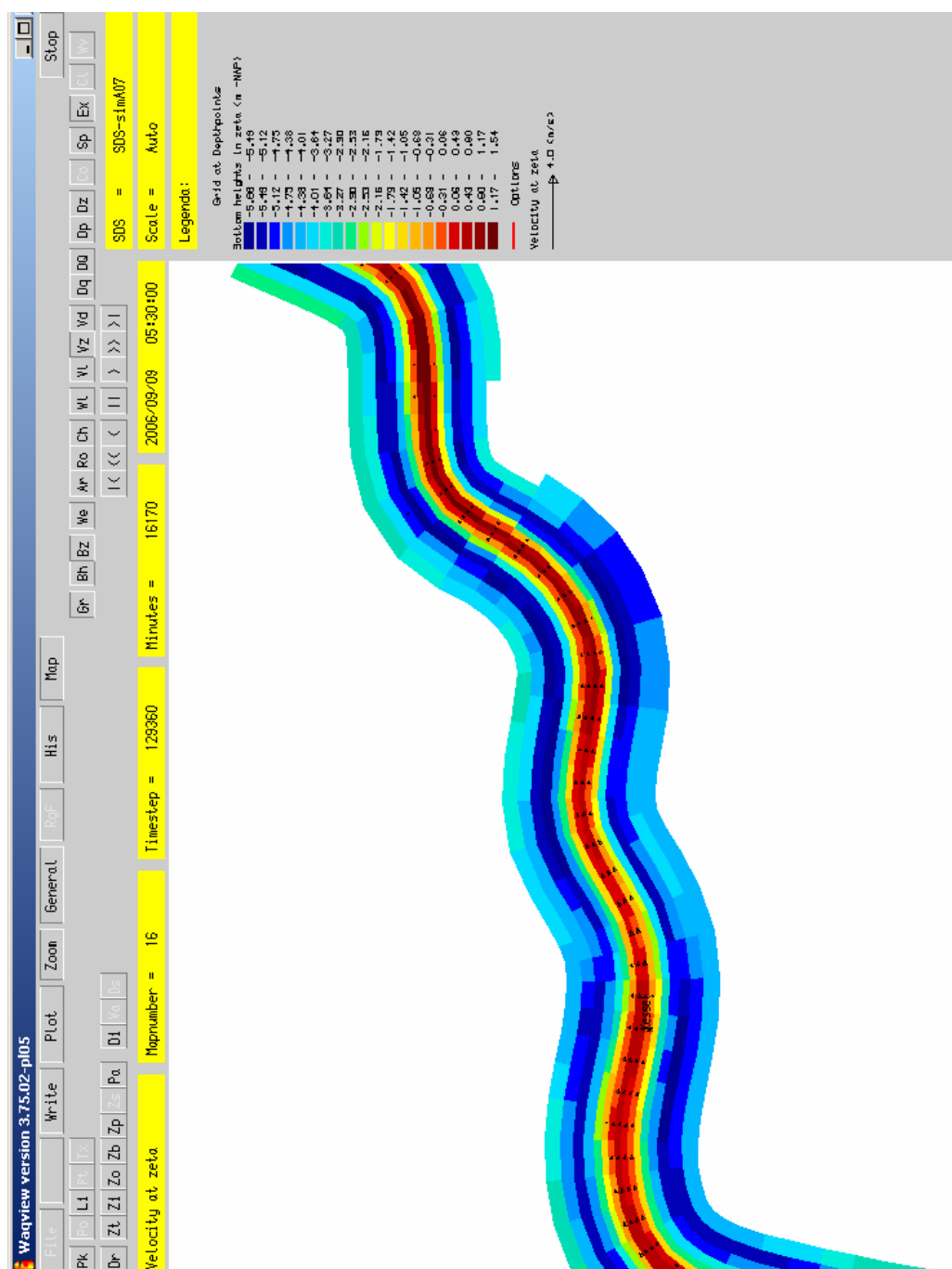


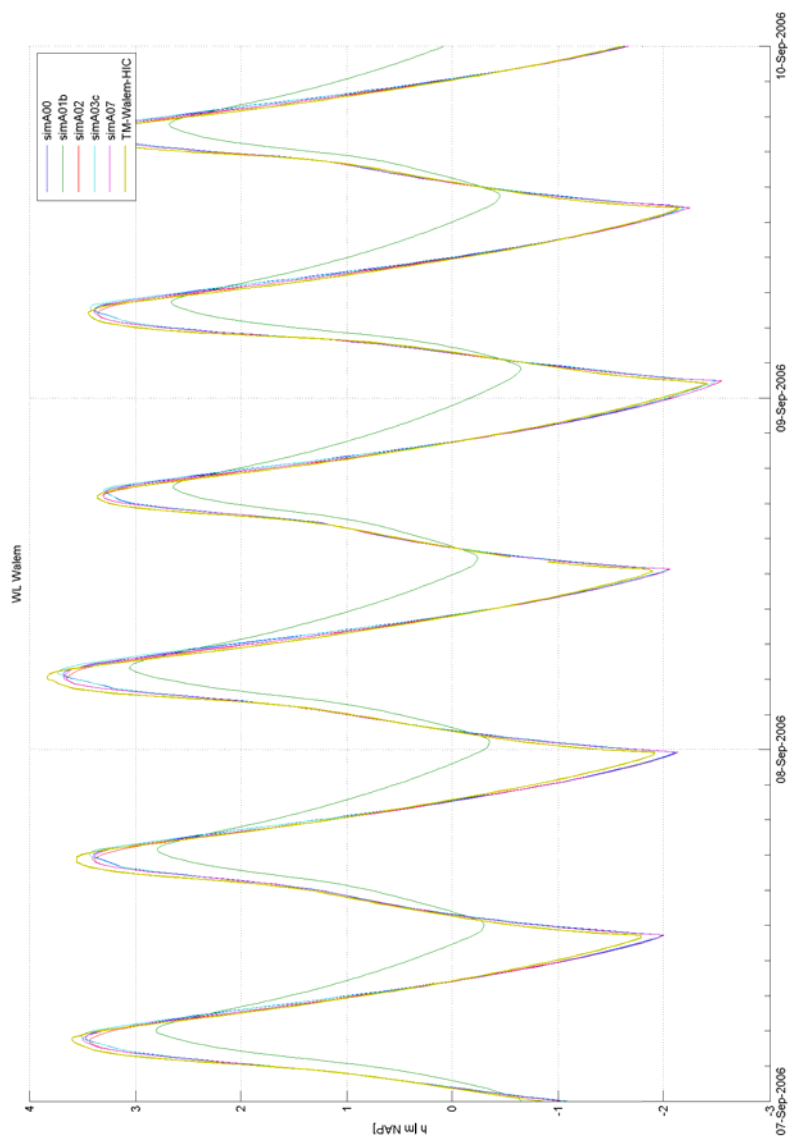
Figuur 18 - Gemeten en gesimuleerde waterstanden te Kessel



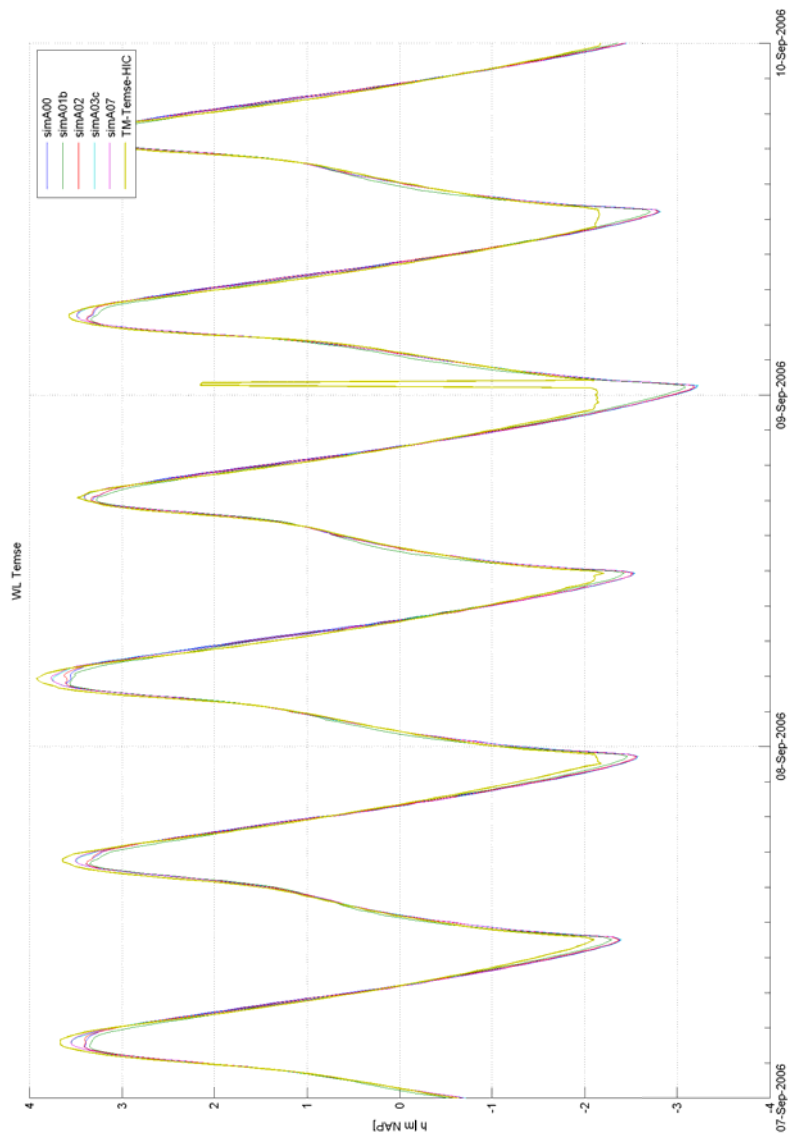
Figuur 19 - Modelbathymetrie en gesimuleerde snelheden in de omgeving van Kessel (Grote Nete).  
Bathymetrie identiek voor simA00 en simA03c.



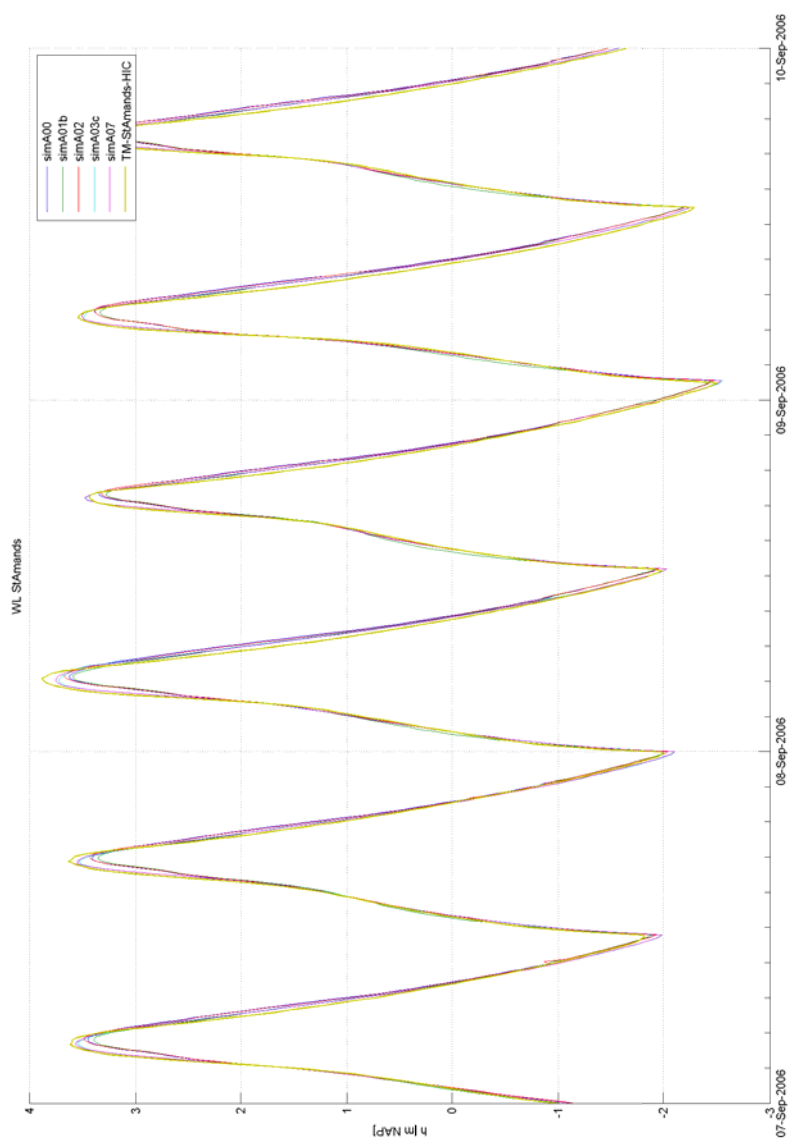




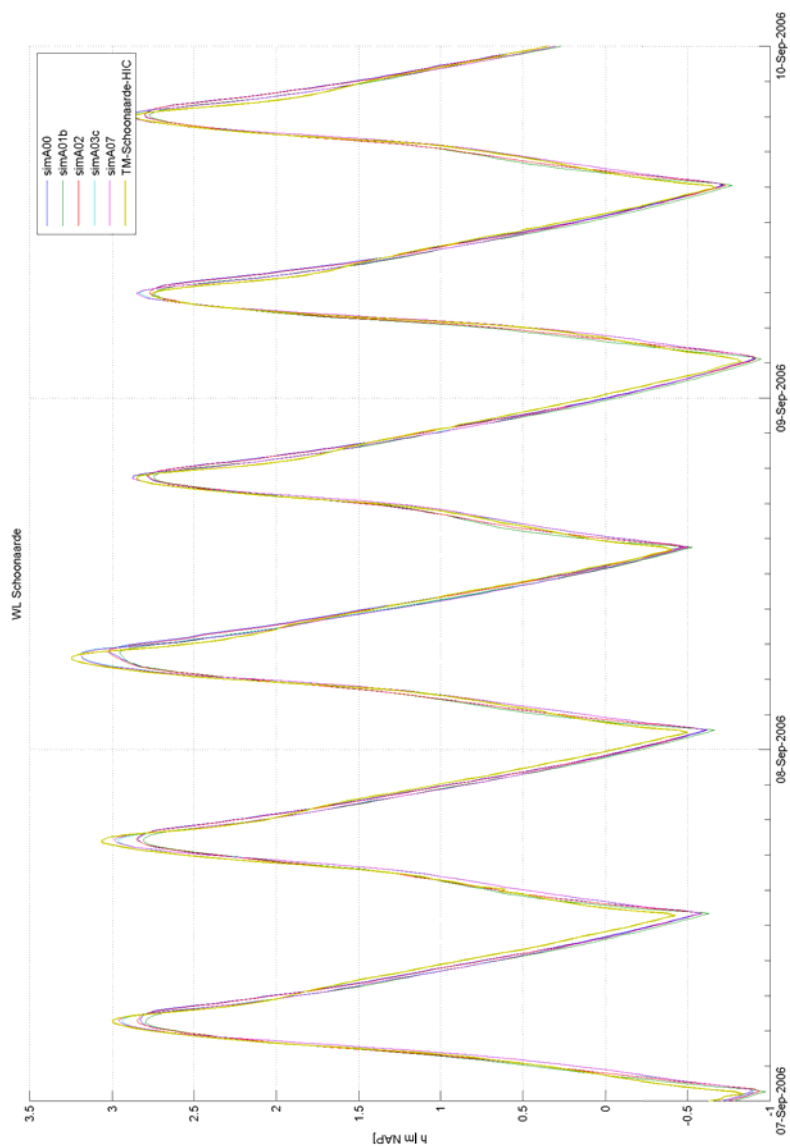
Figuur 21 - Gemeten en berekende waterstand te Walem.



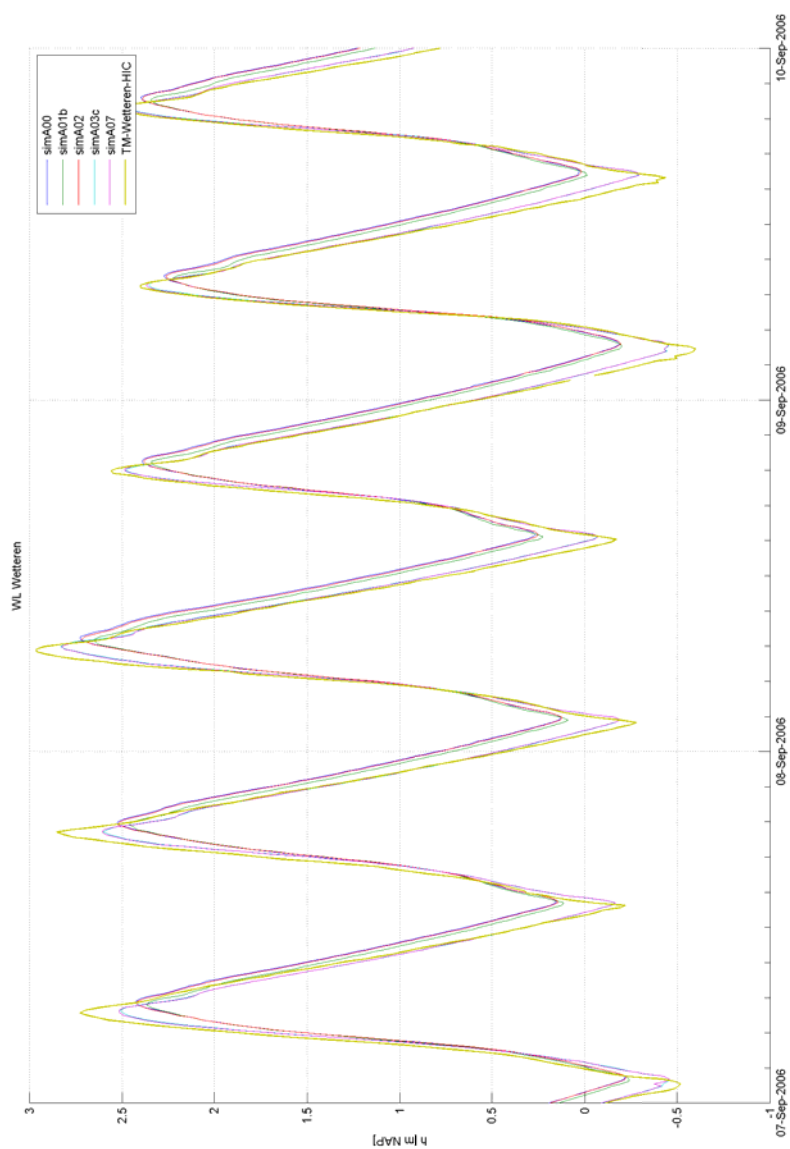
Figuur 22 - Gemeten en berekende waterstand te Temse.



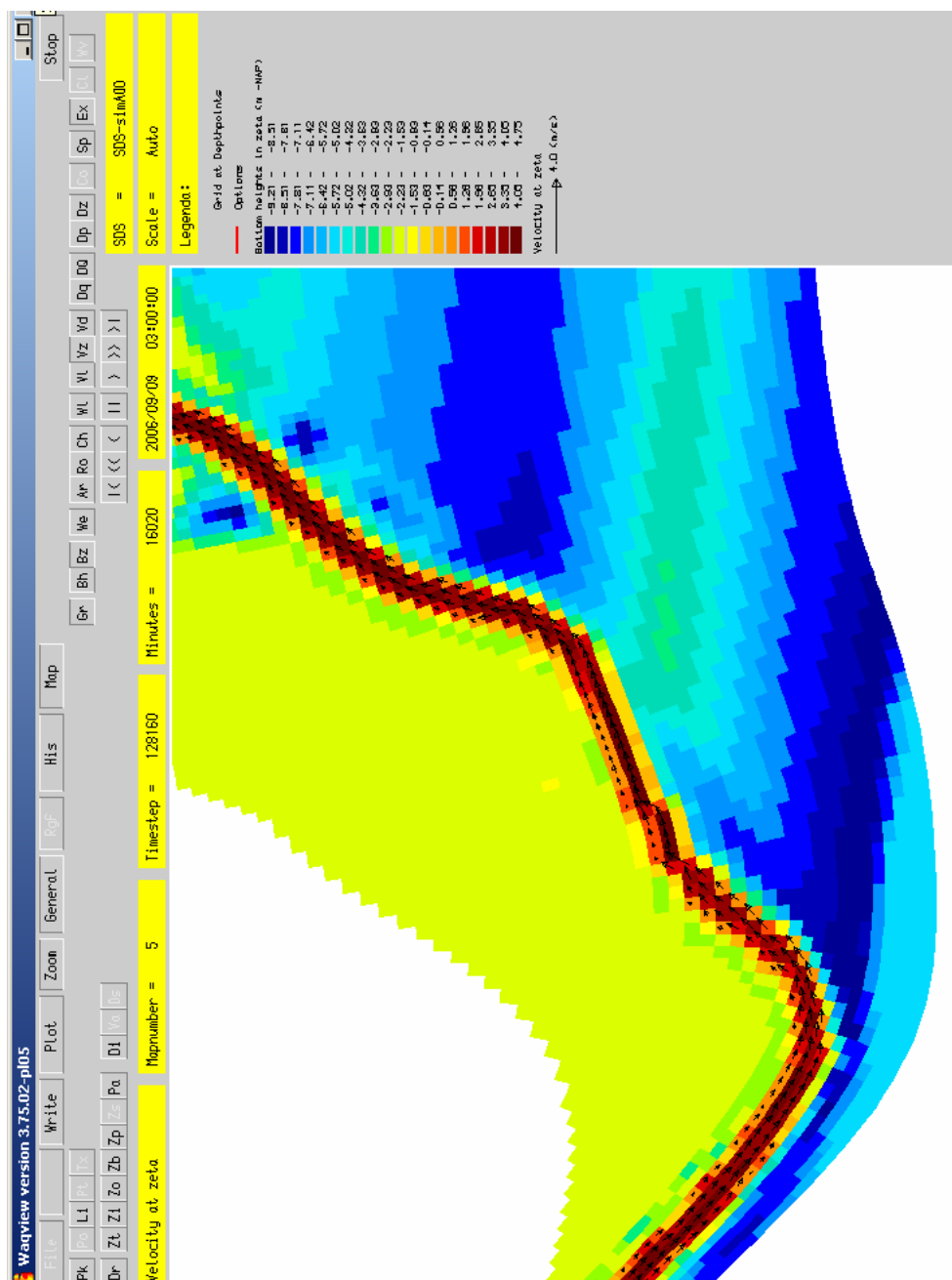
Figuur 23 - Gemeten en berekende waterstand te St Amands.



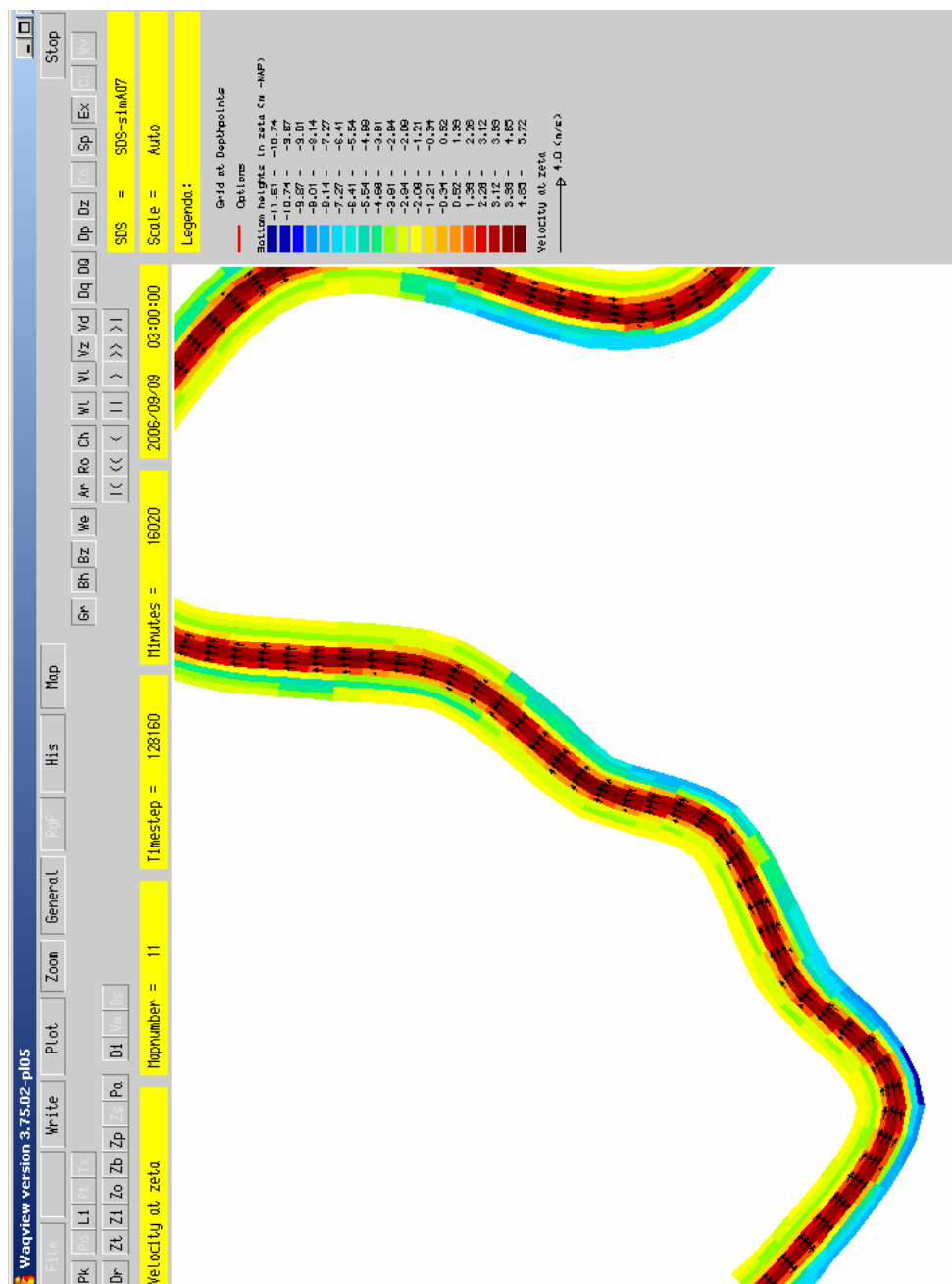
Figuur 24 - Gemeten en berekende waterstand te Schoonaarde.



Figuur 25 - Gemeten en berekende waterstand te Weteren.



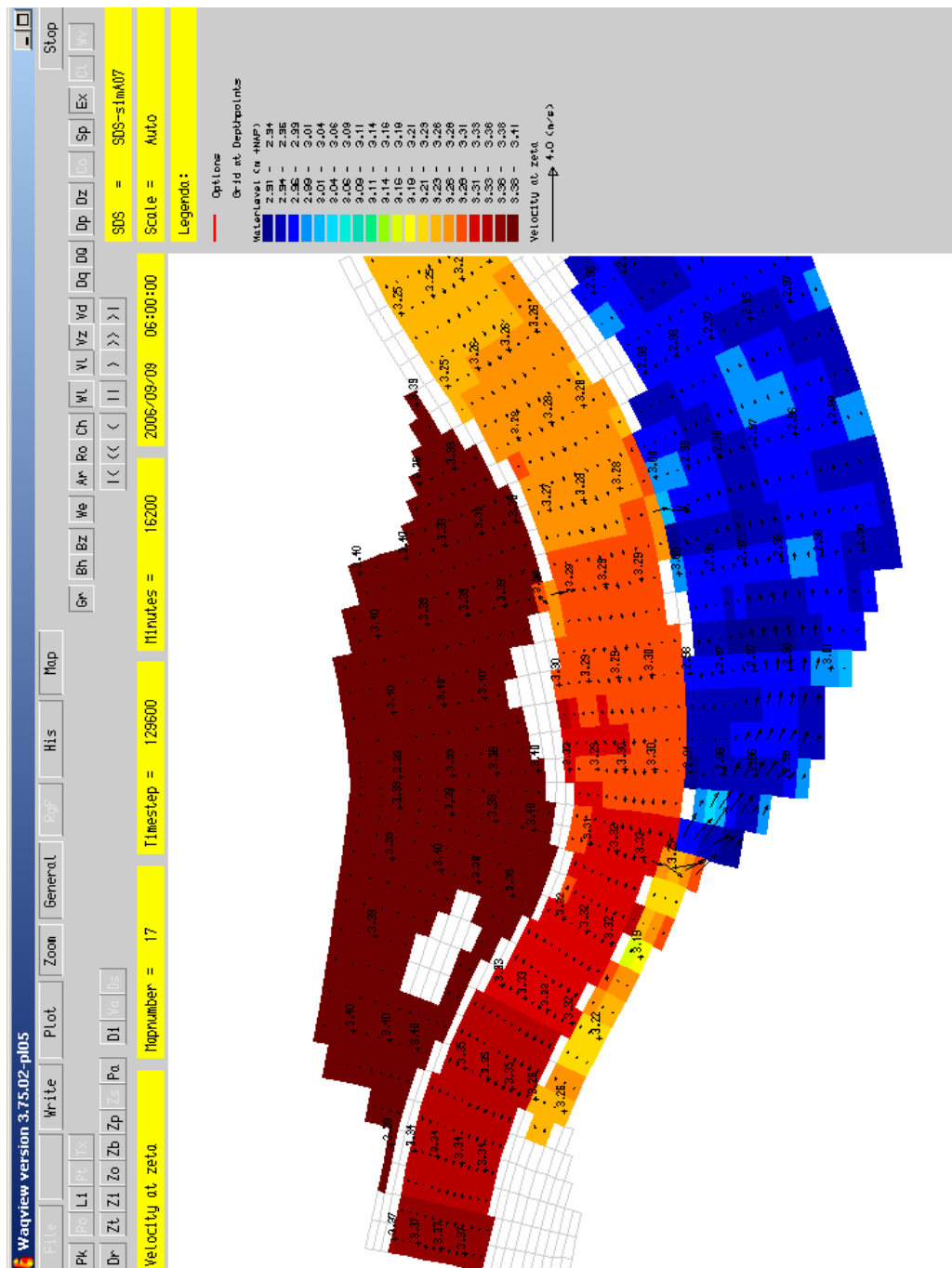
Figuur 26 - Bathymetrie en gemodelleerde waterstand in de omgeving van Uitbergen. Oorspronkelijke schematisatie (NEVLA)



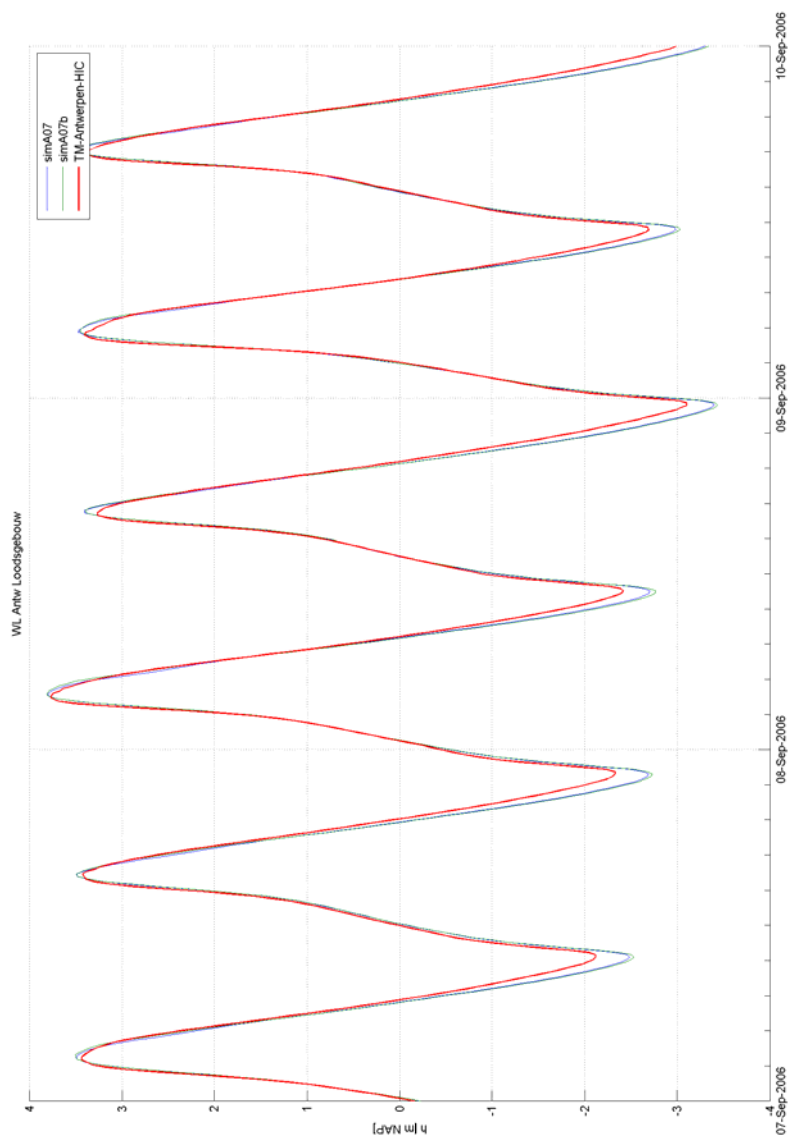
Figuur 27 - Bathymetrie en gemodelleerde waterstand in de omgeving van Uitbergen. Verbeterde schematisatie (Verelst et al., 2008).



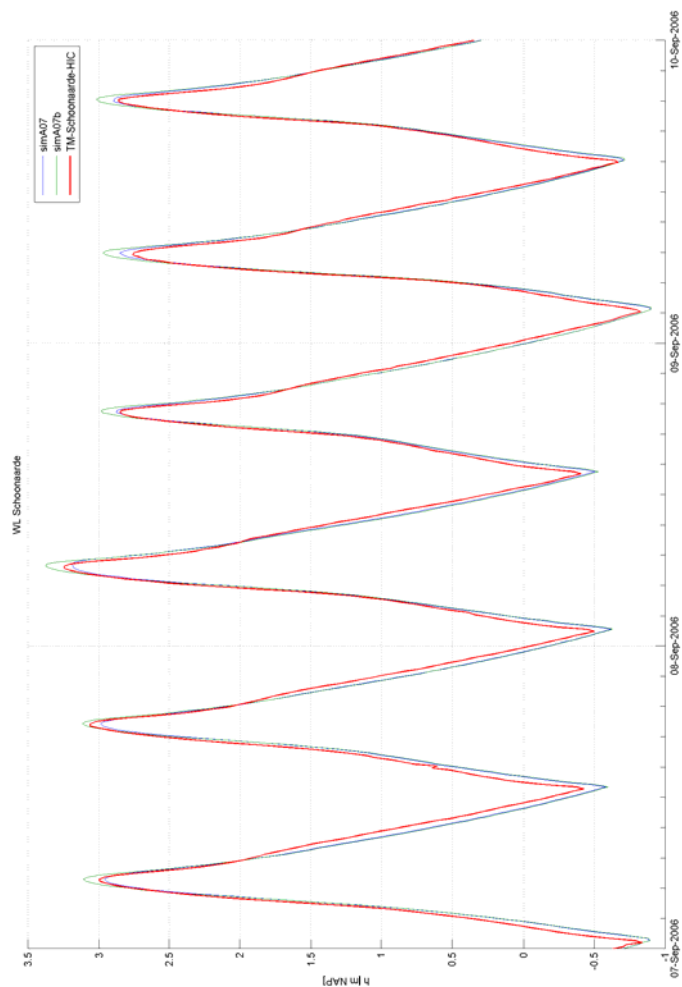




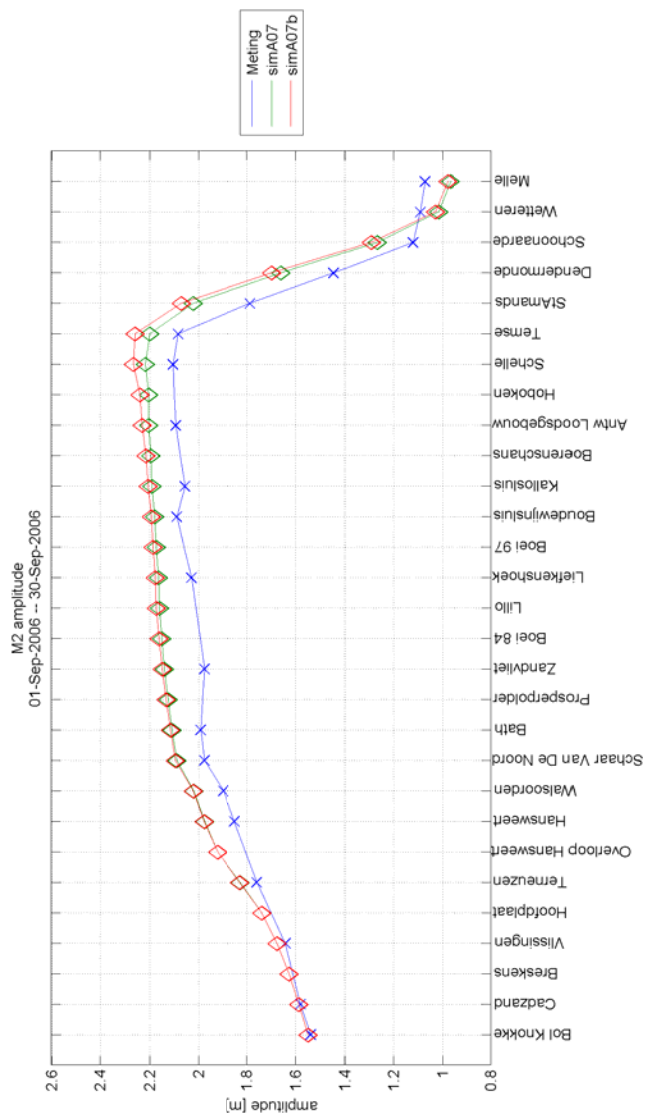
Figuur 29 - Ongewenste instroming in een potentieel overstromingsgebied tussen Temse en Schelle. SimA07, waterstand (kleur en waarden) en snelheid in waterstandspunten (pijljes). Situatie rond HW



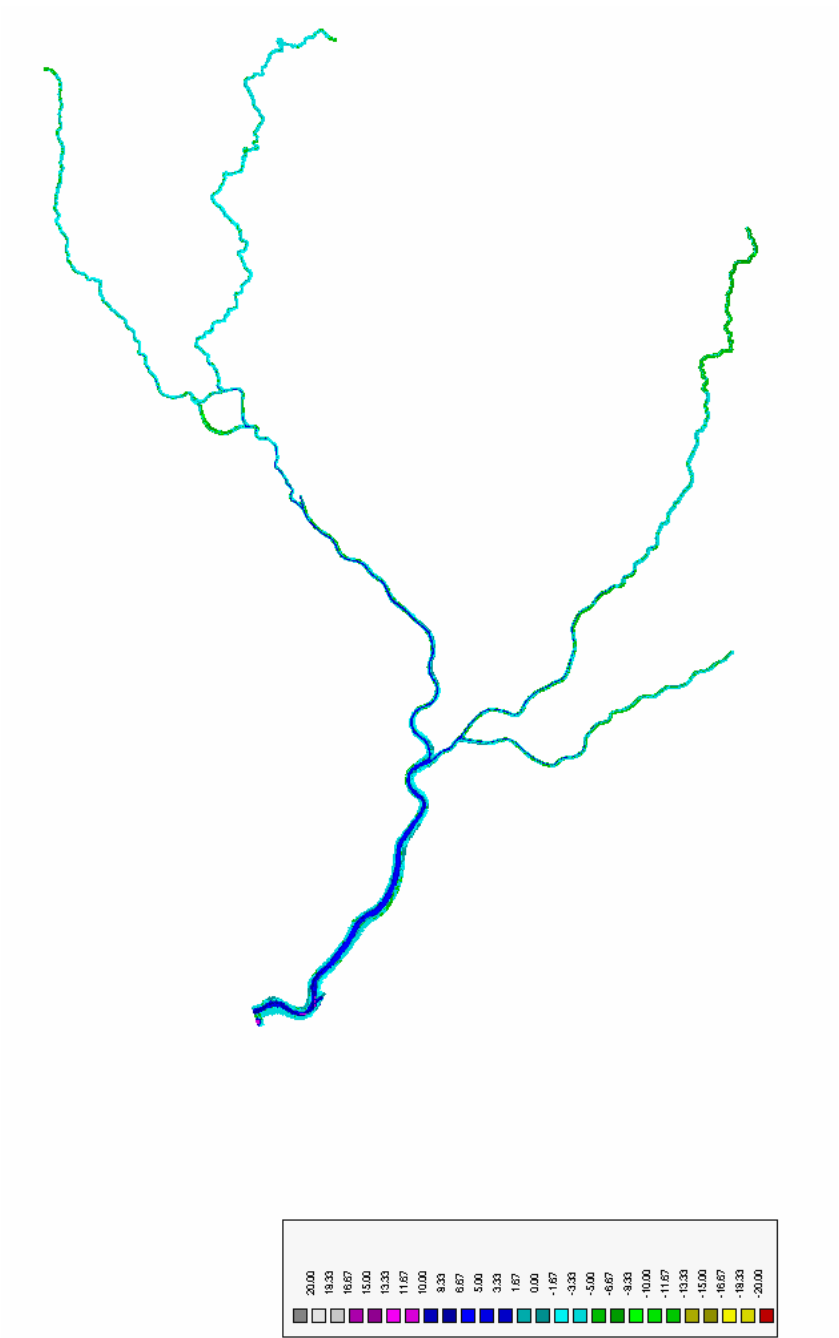
Figuur 30 - Invloed van het wegsnijden van potentiële overstromingsgebieden op de waterstand (simA07 vs simA07b) in Antwerpen



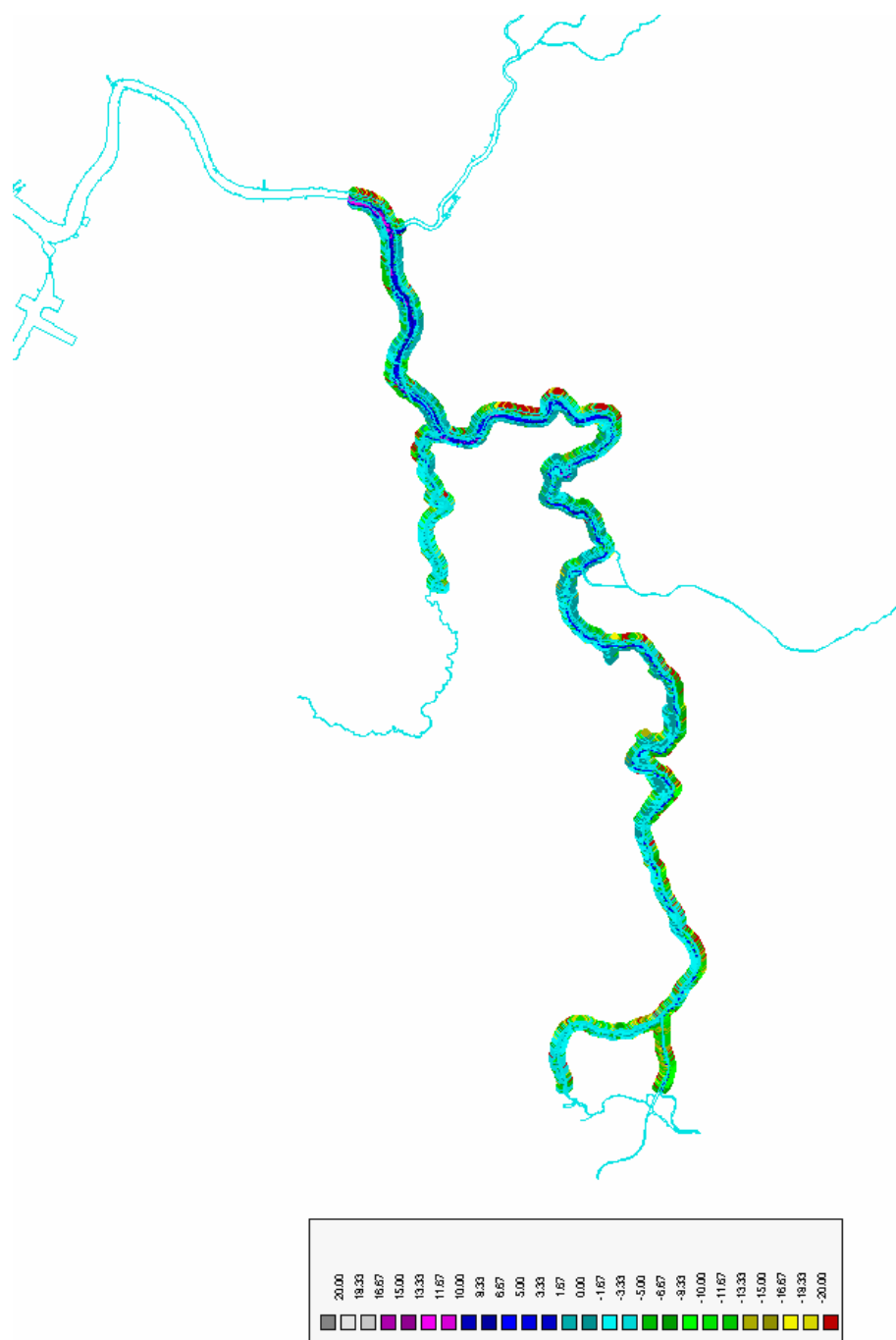
Figuur 31 - Invloed van het wegsnijden van potentiële overstromingsgebieden op de waterstand (simA07 vs simA07b) in Schoonaarde.



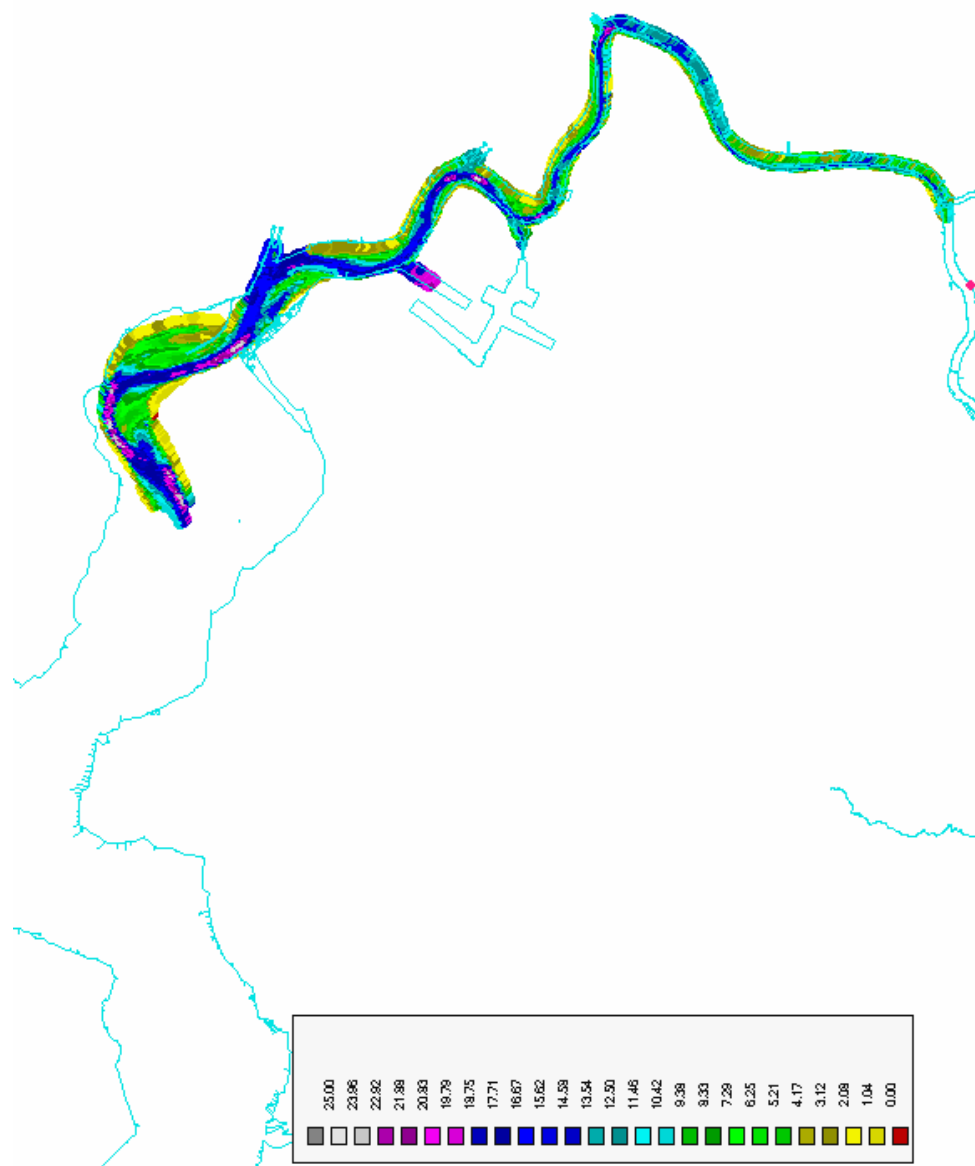
Figuur 32 - Invloed van het wegsnijden van potentiële overstromingsgebieden (simA07 vs simA07b) op de M2 component van de waterstand.



Figuur 33 - Box\_Rupelbekken.dep

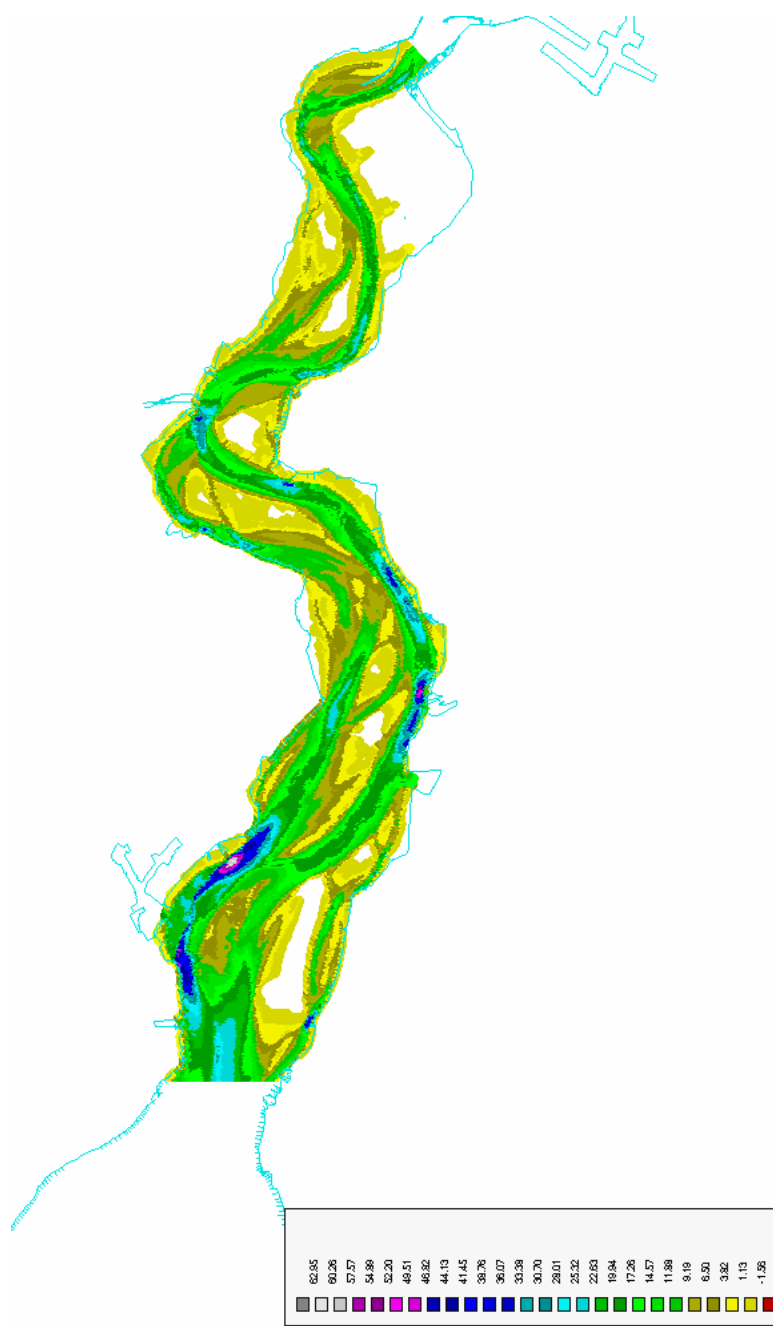


Figuur 34 - BovenZeeschelde\_Durme\_alle\_samples.xyz

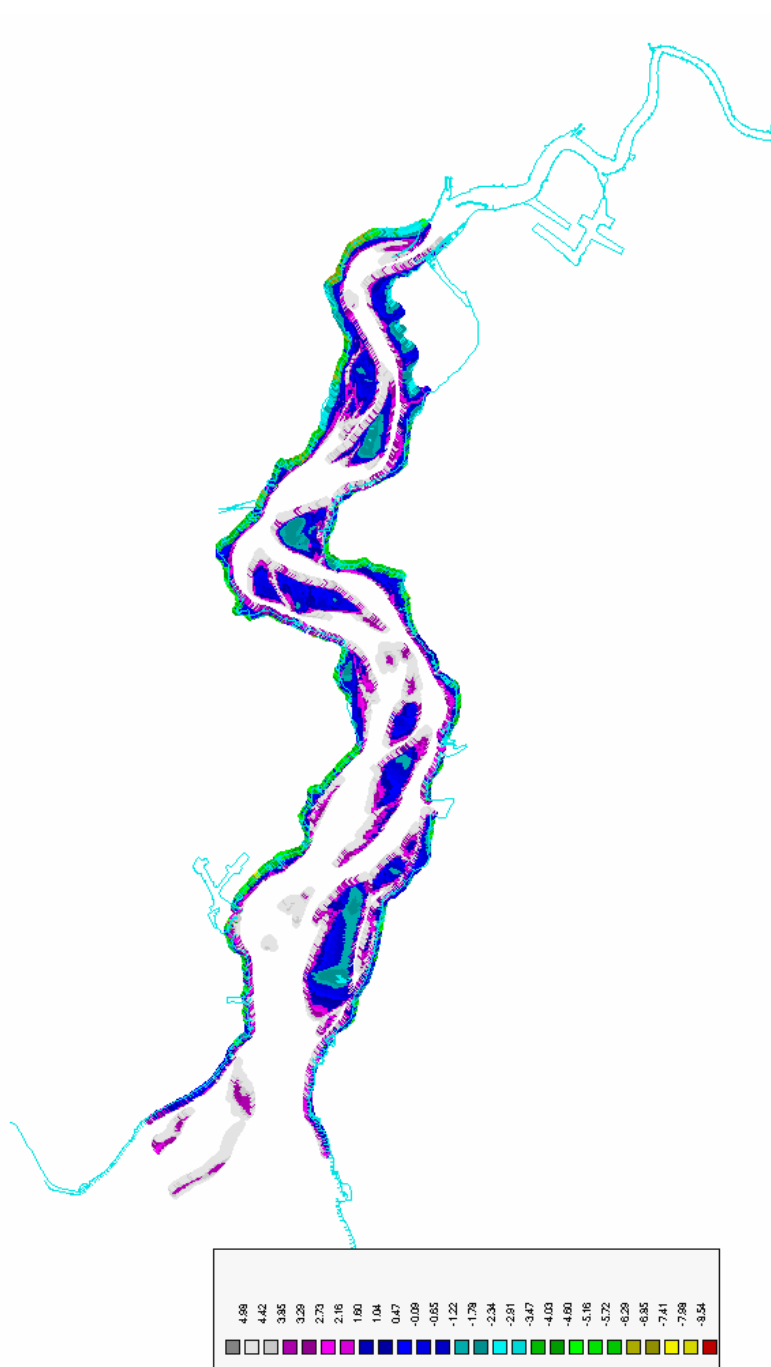


Figuur 35 - bez0405new\_nap\_rds\_001.xyz en bez0405new\_nap\_rds\_002.xyz

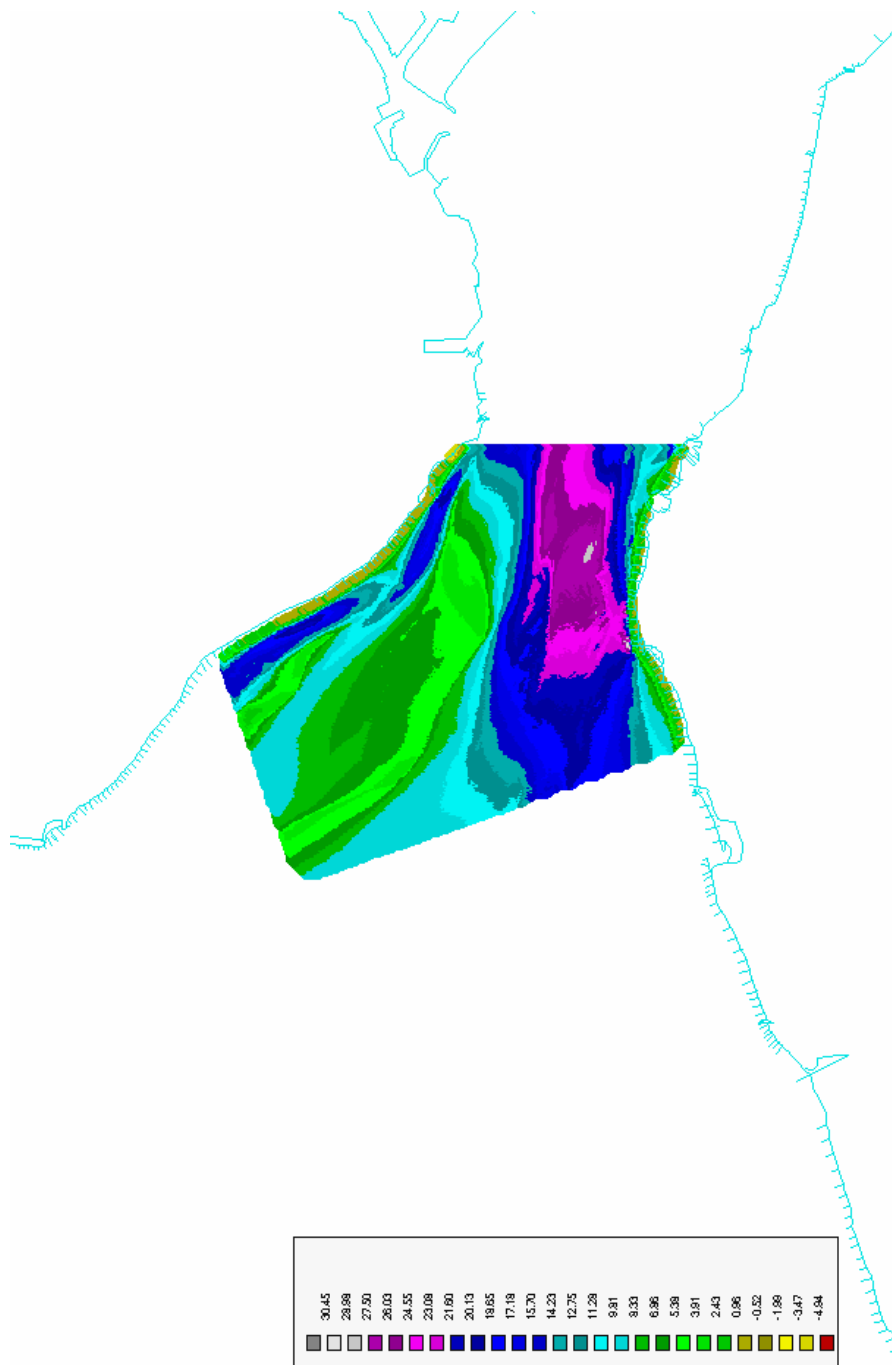




Figuur 36 - Westerschelde2006.xyz



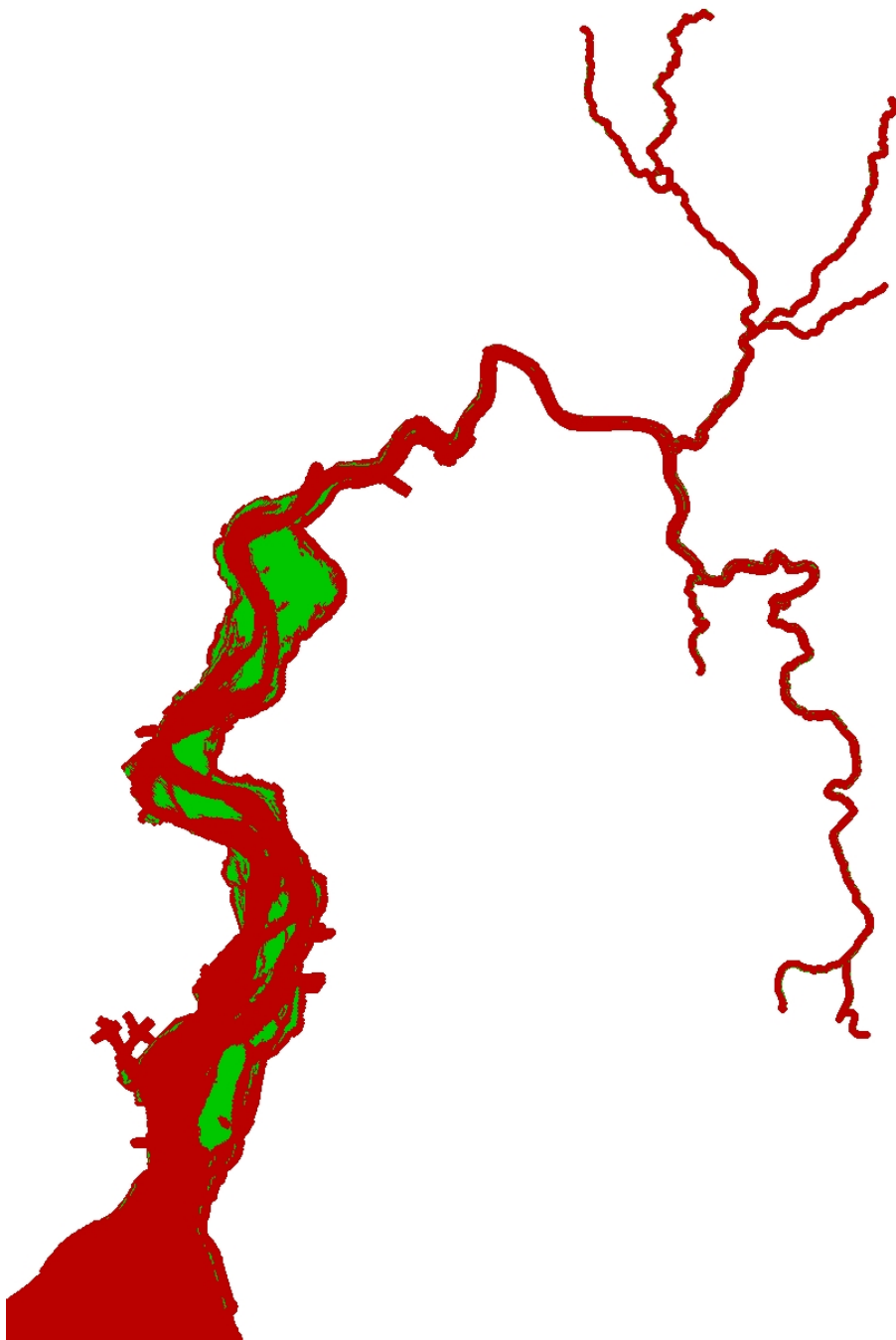
Figuur 37 - Bathy2003\_Platen\_001.xyz



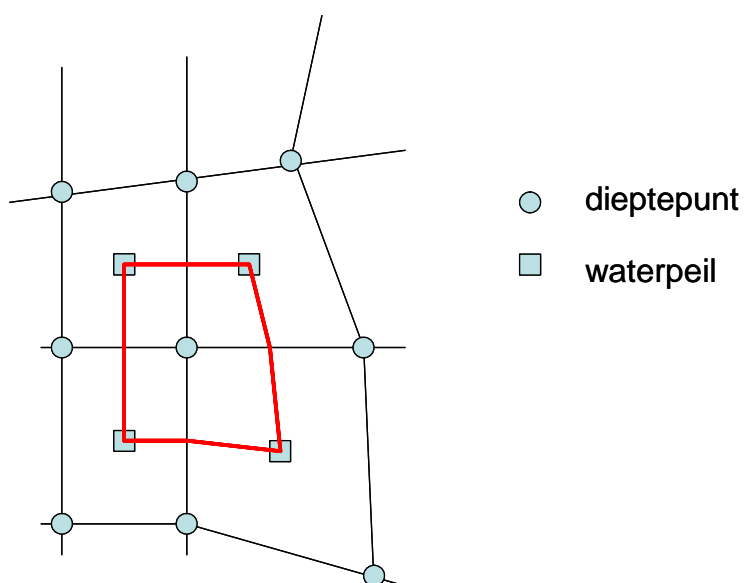
Figuur 38 - Bathy2003\_Monding\_001.xyz



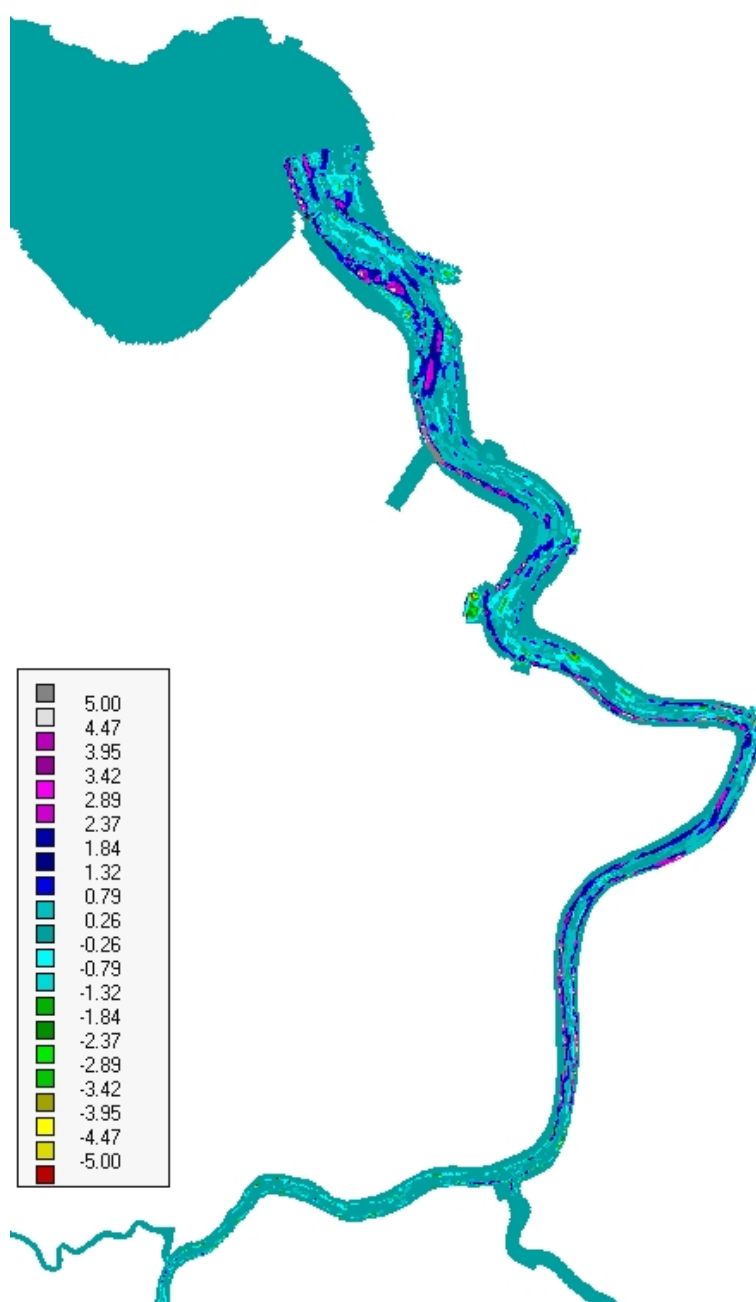
Figuur 39 - KustBelg\_Nederl.dep



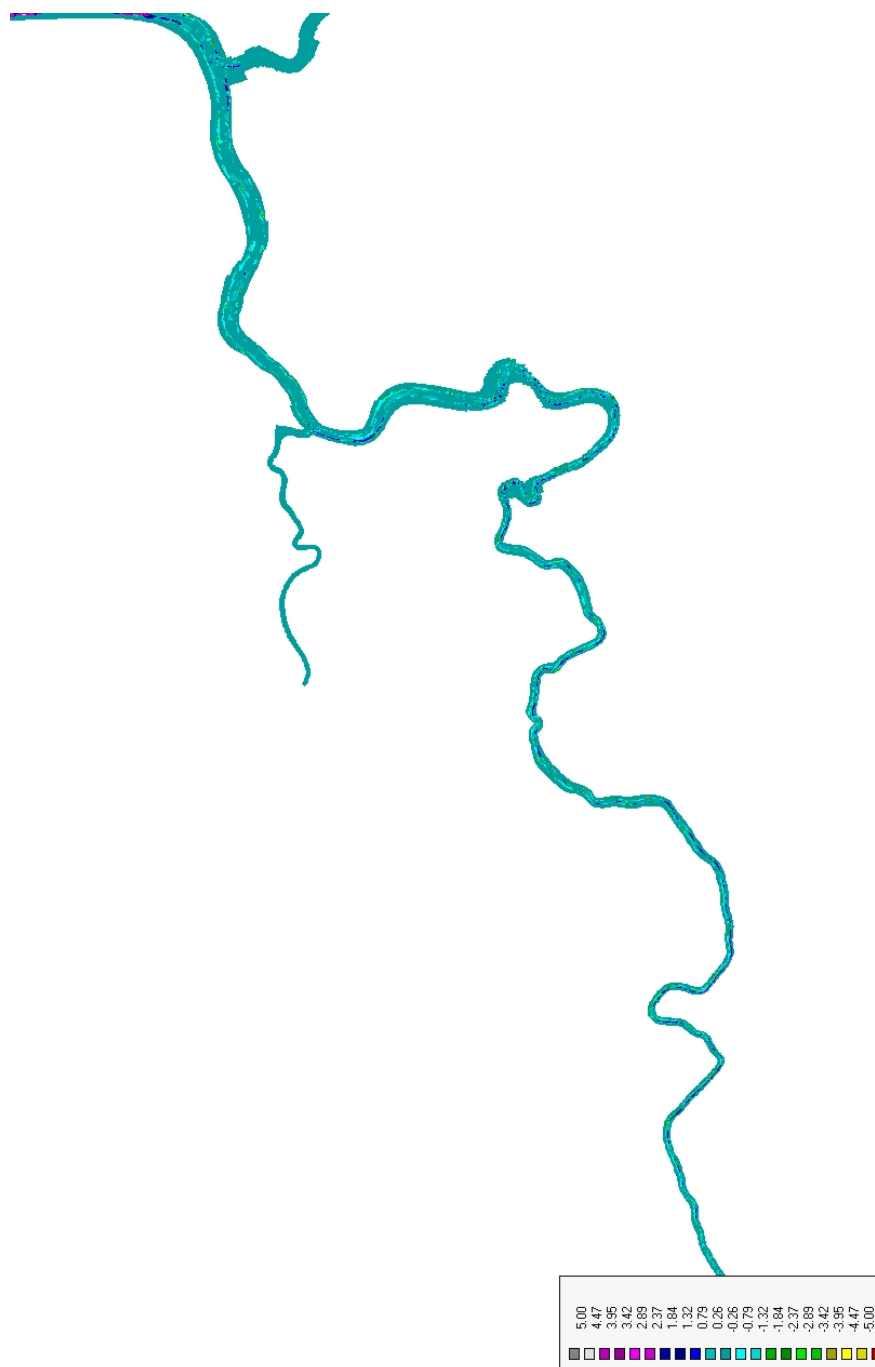
Figuur 40 - Afbakening van de intertidale gebieden (groen) volgens droogvalcriterium



Figuur 41 - Principe van gebiedsafbakening waarbinnen samples worden gemiddeld

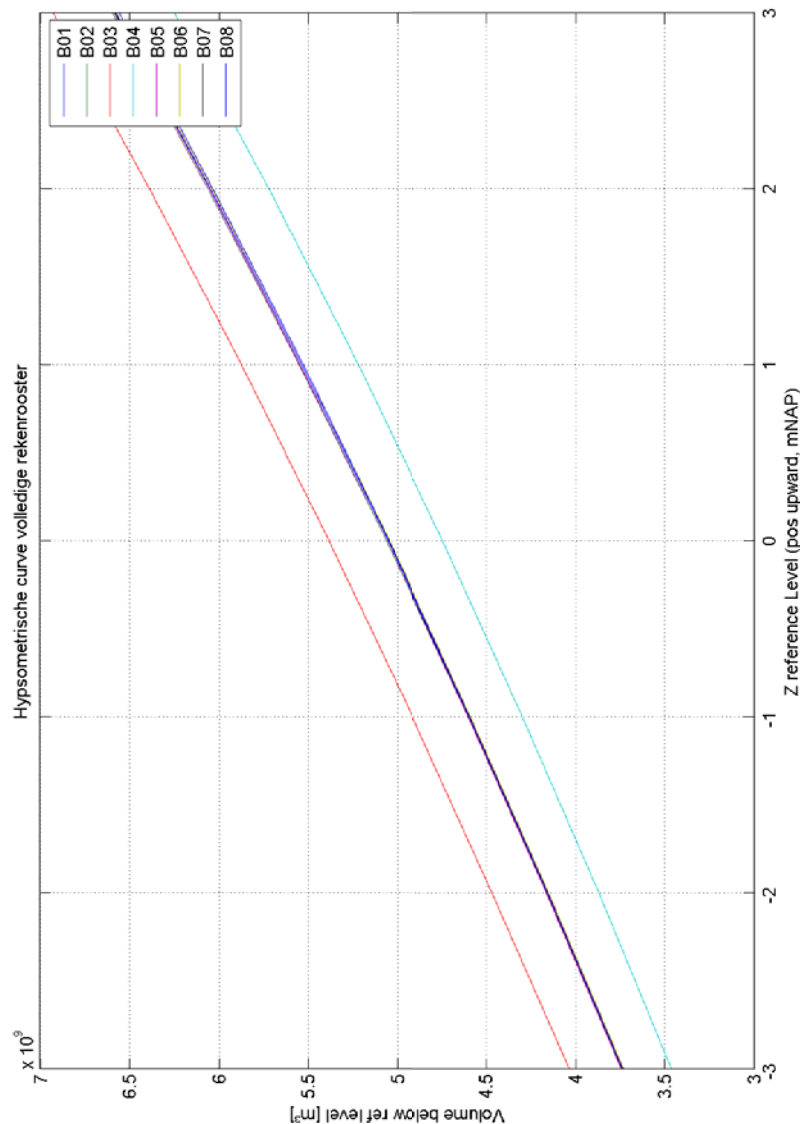


Figuur 42 - Verschilbathymetrie B01-B06: Beneden Zeeschelde - Positieve waarden duiden op een diepere bathymetrie B06

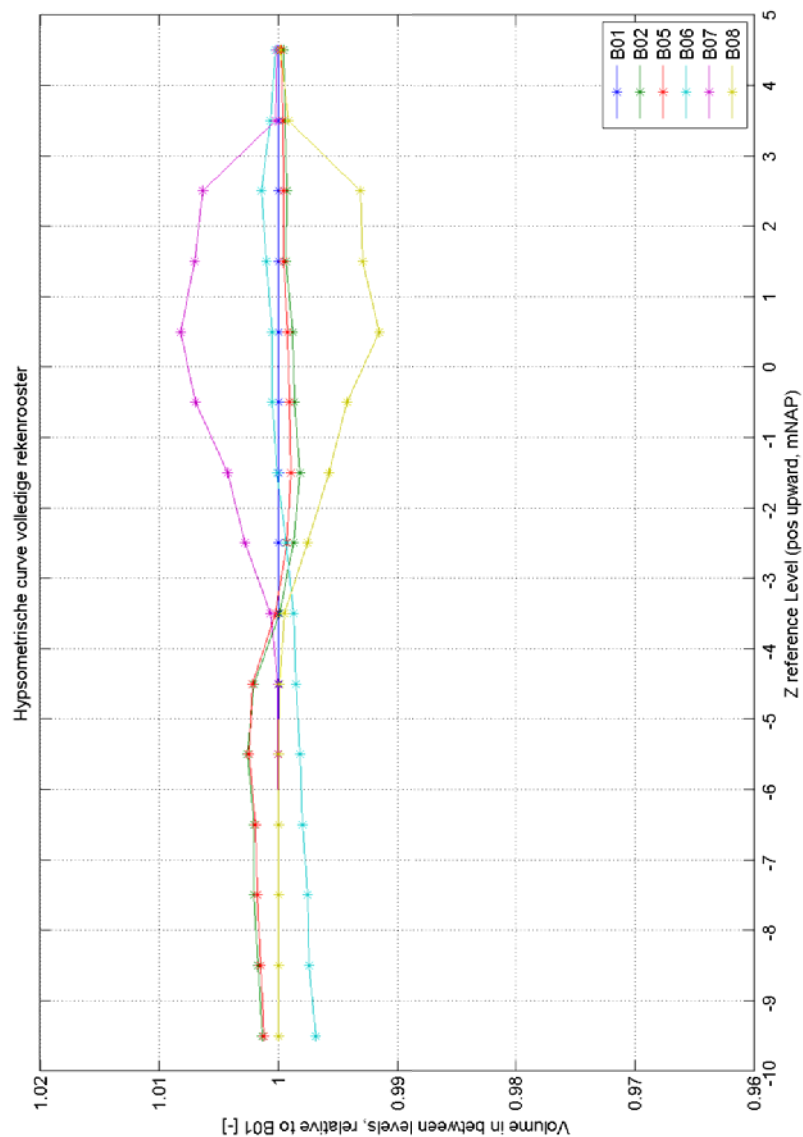


Figuur 43 - Verschilbathymetrie B01-B06: Boven Zeeschelde - Positieve waarden duiden op een diepere bathymetrie B06

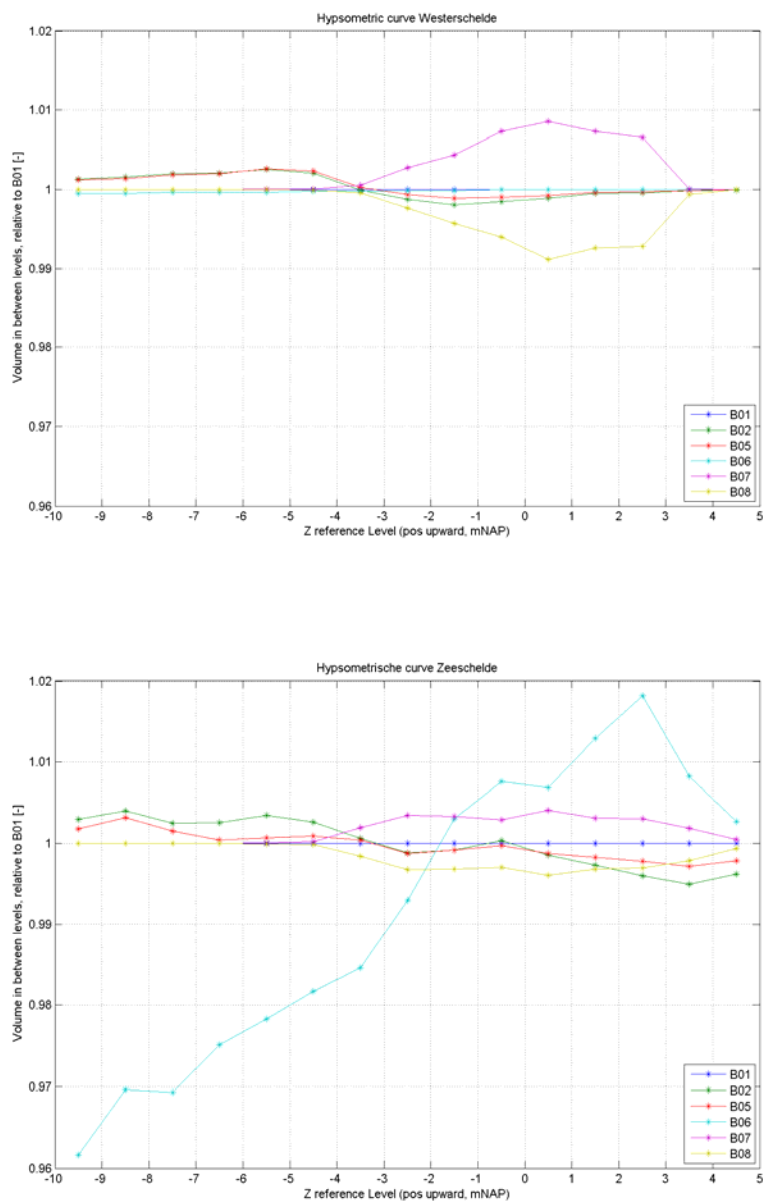




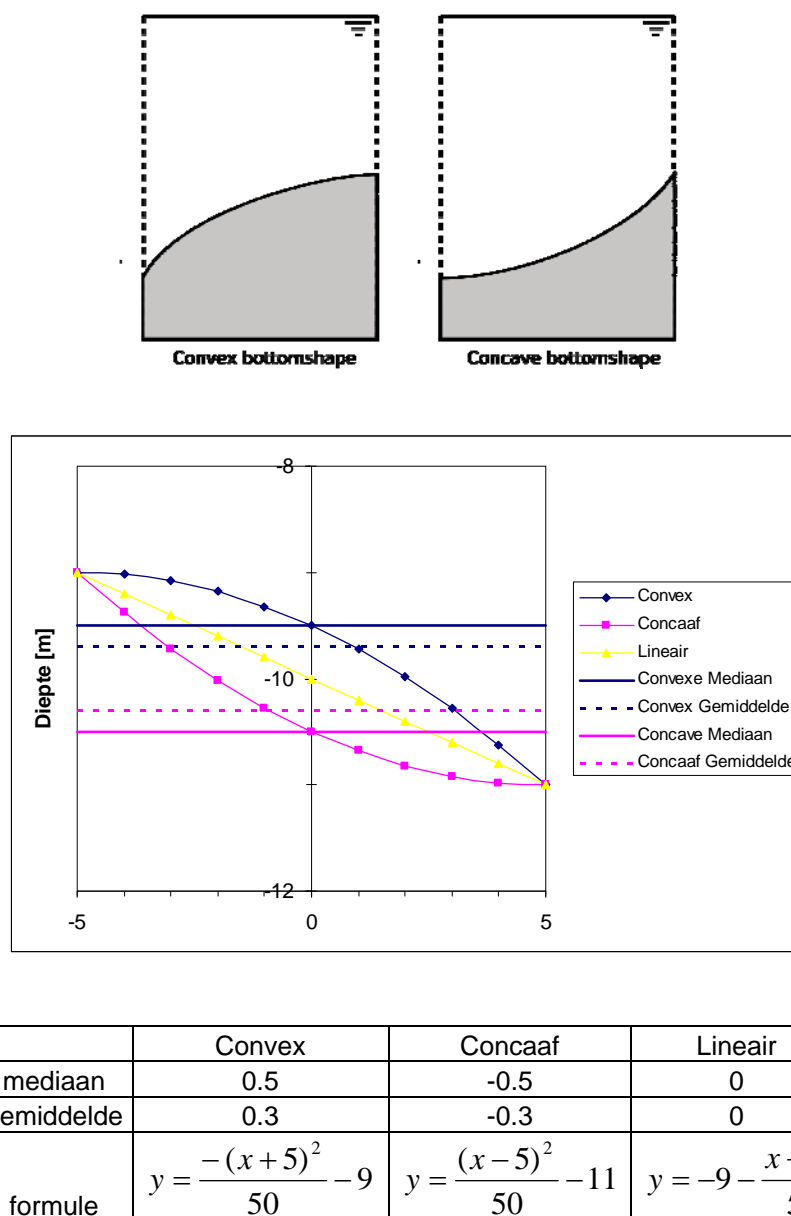
Figuur 44 - Cumulatieve hypsometrische curve voor het hele estuarium.



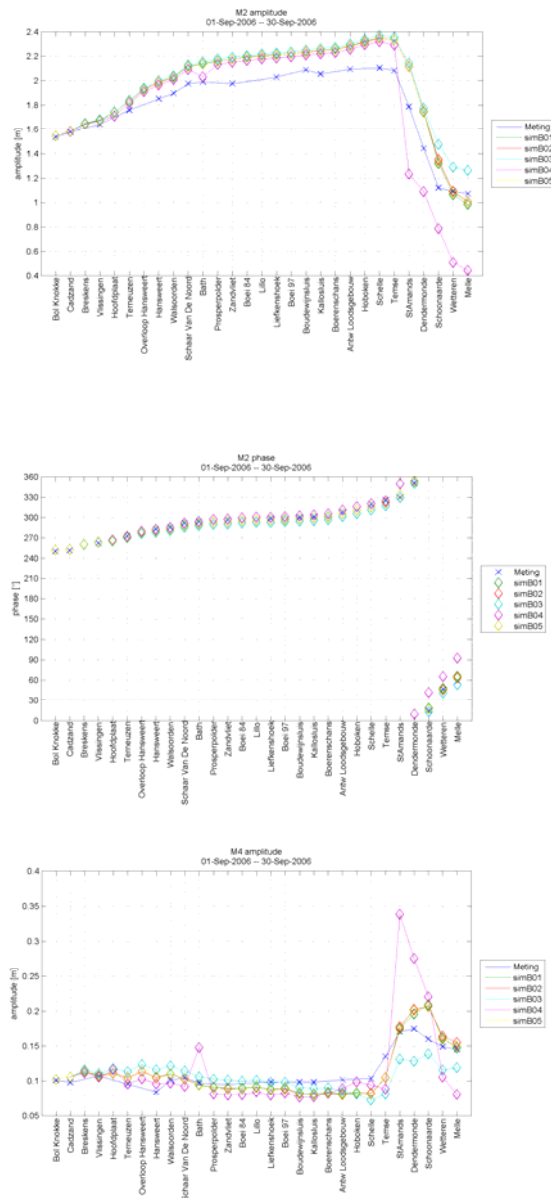
Figuur 45 - Stapsgewijze hypsometrische curve voor het hele estuarium relatief ten opzichte van de bodem van B01 (groter dan 1 is dieper dan B01).



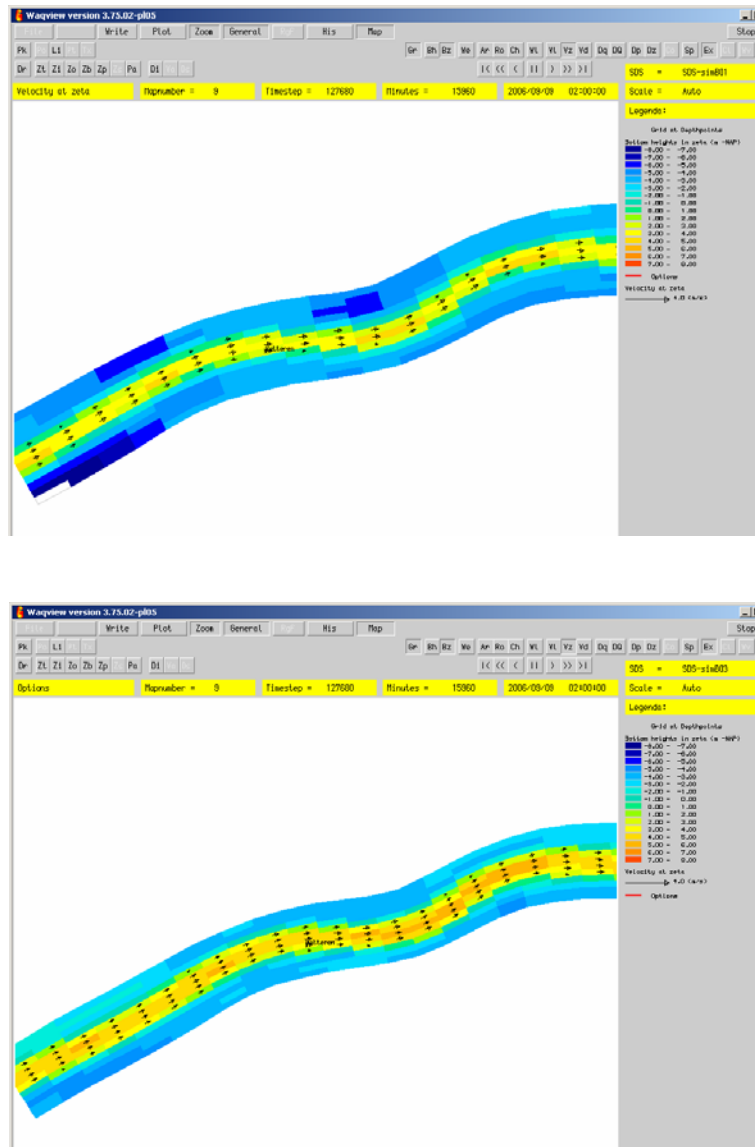
Figuur 46 - Stapsgewijze hypsometrische curve voor de Westerschelde (boven) en de Zeeschelde (onder), relatief ten opzichte van de bodem van B01 (groter dan 1 is dieper dan B01).



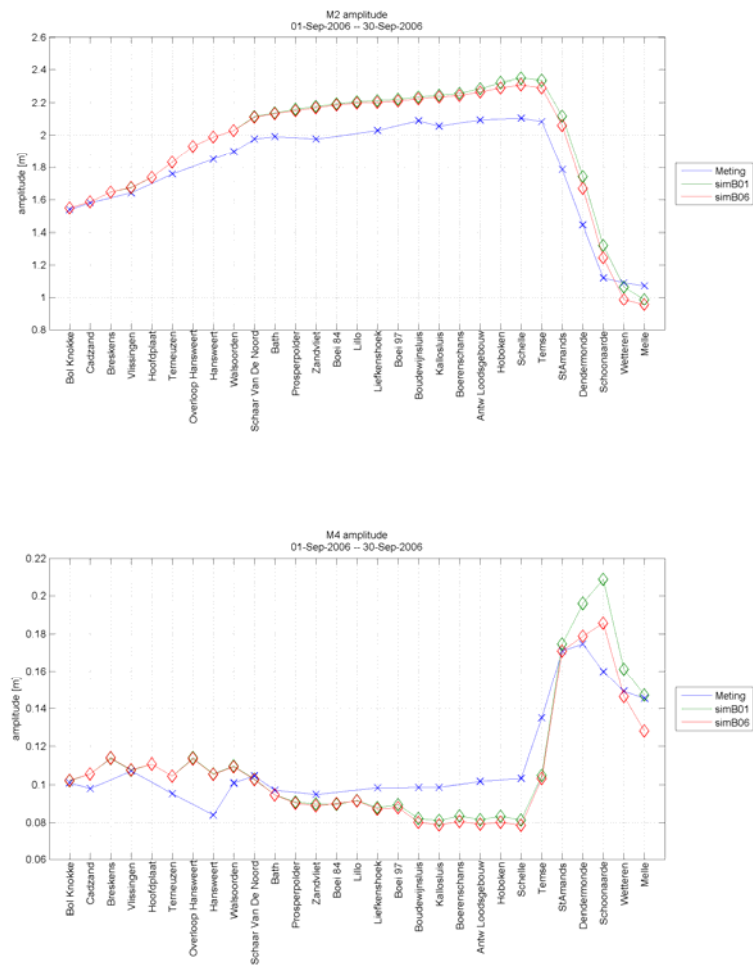
Figuur 47 - Convexe en concave bodenvormen.



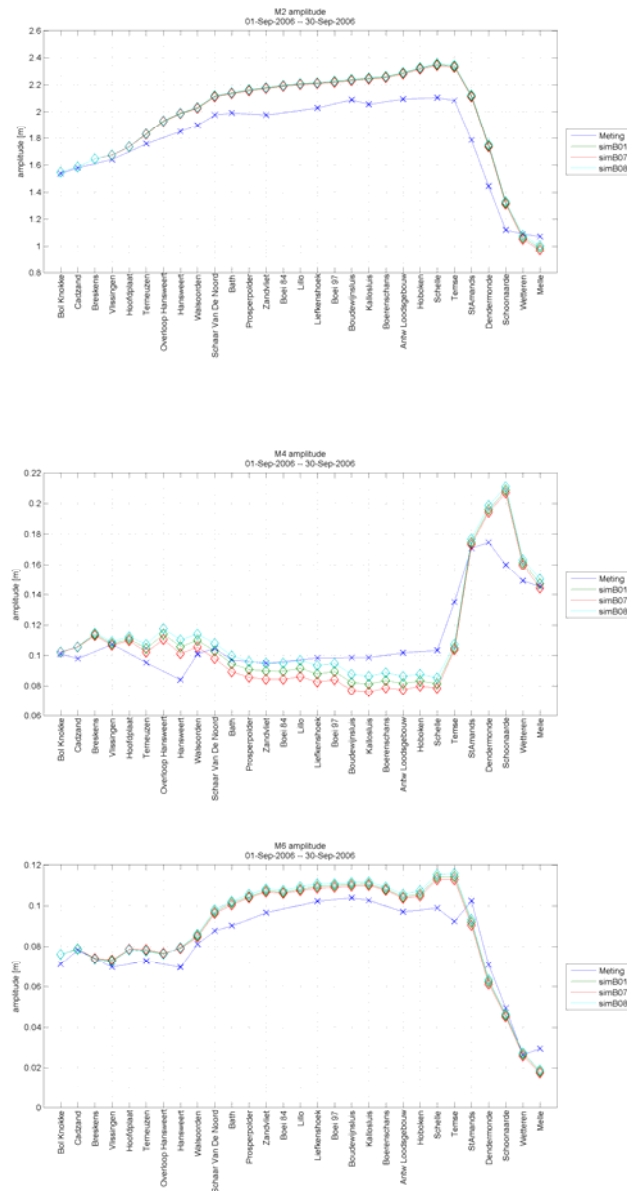
Figuur 48 - M2 amplitude en fase en M4 amplitude voor runs B01-B05



Figuur 49 - Bathymetrie en gesimuleerde snelheid bij maximum eb voor runs B01 (boven) en B03 (onder)

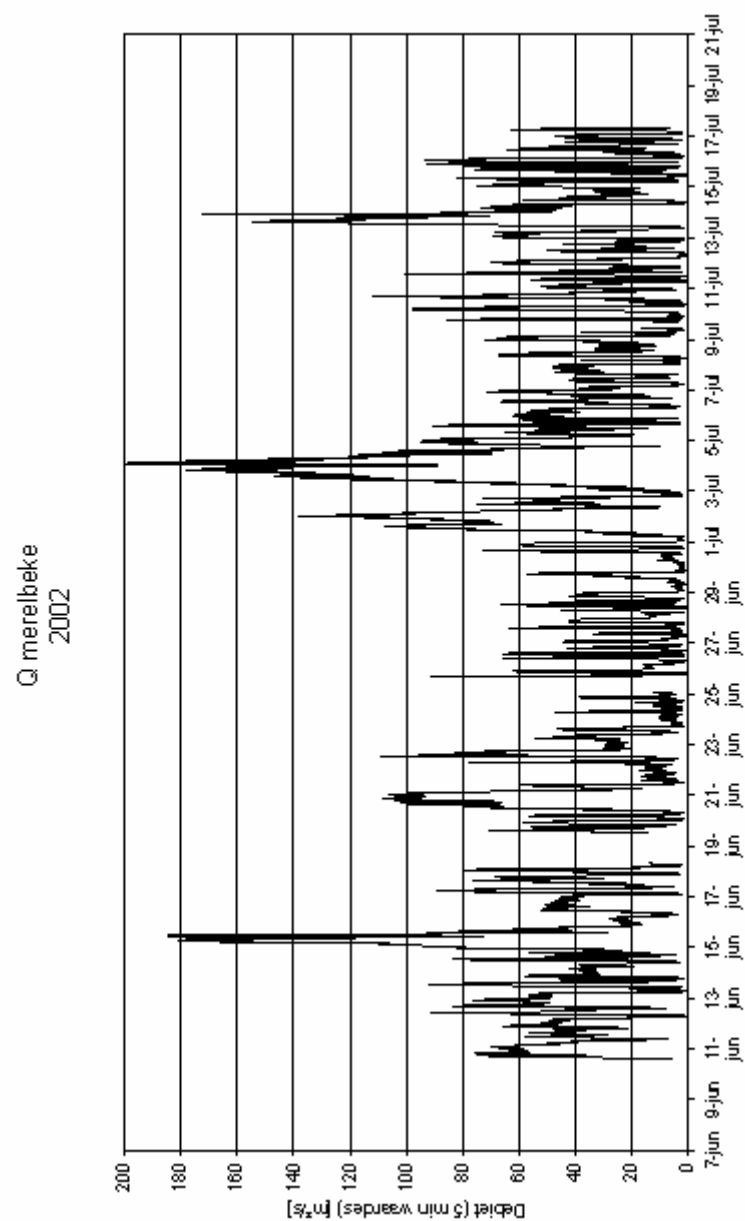


Figuur 50 - M2 en M4 amplitude van runs B01 en B06

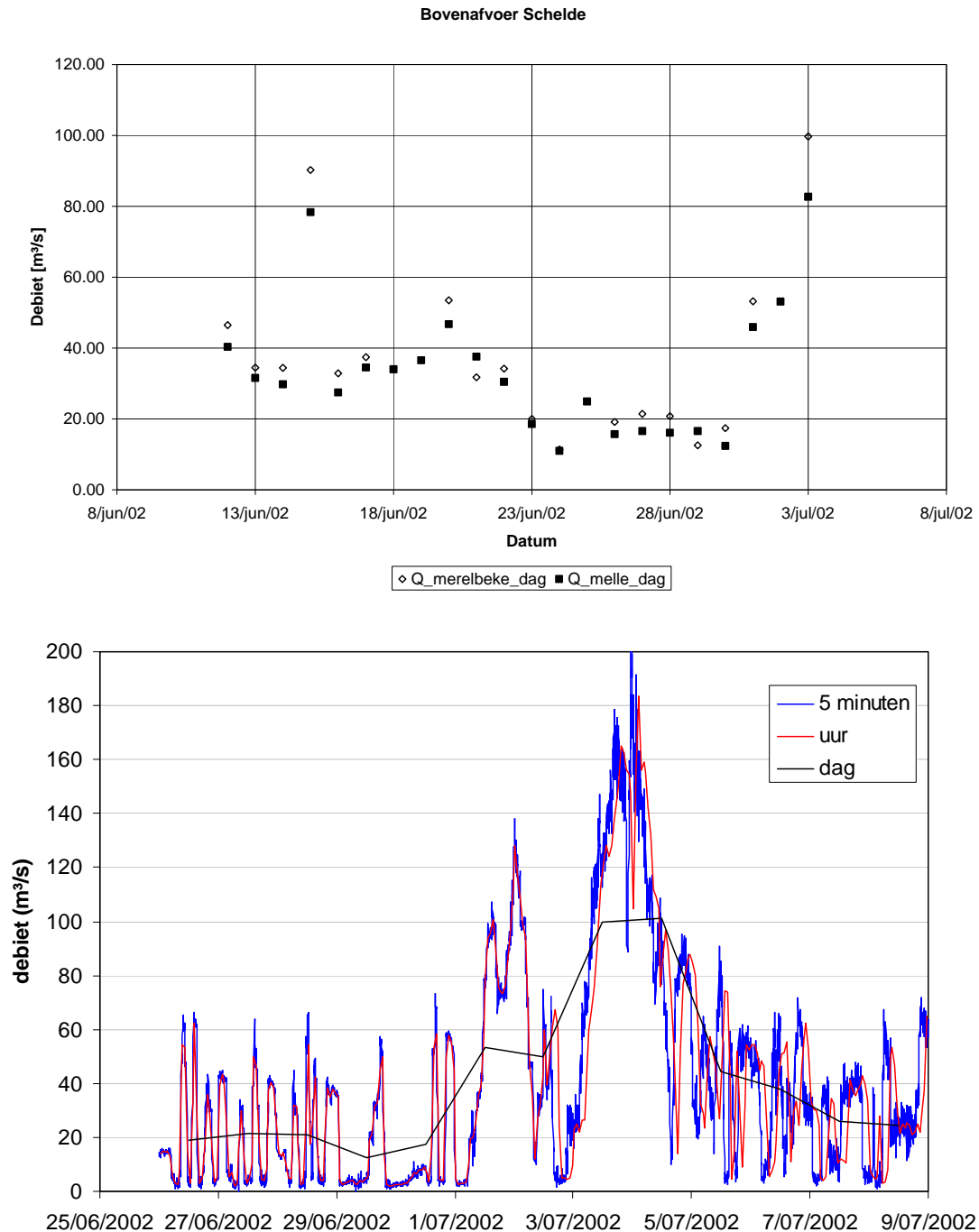


Figuur 51 - M2, M4 en M6 amplitude van runs B01, B07(verdiepte intergetijdgebieden) en B08 (verondiepte intergetijdgebieden).

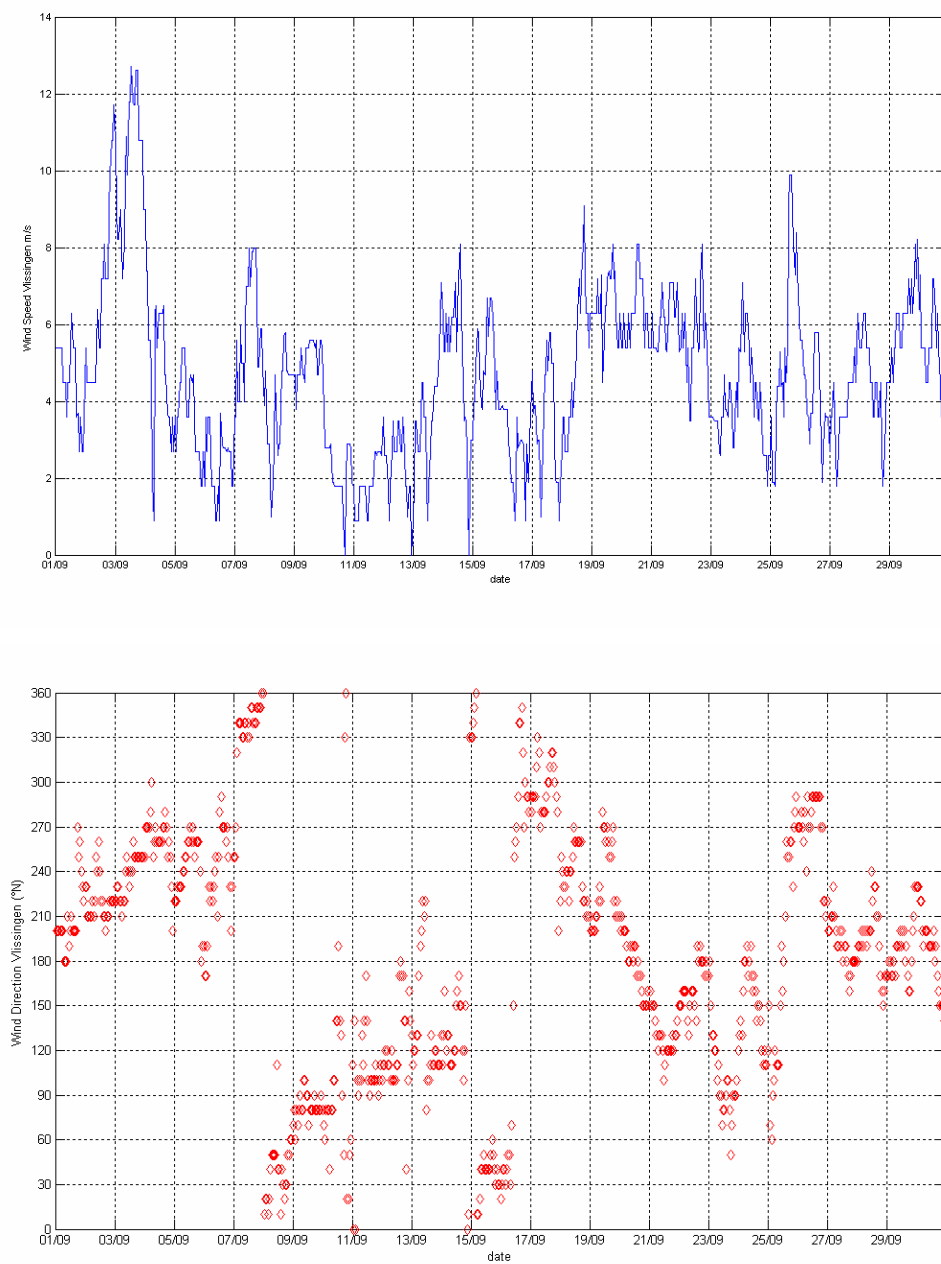




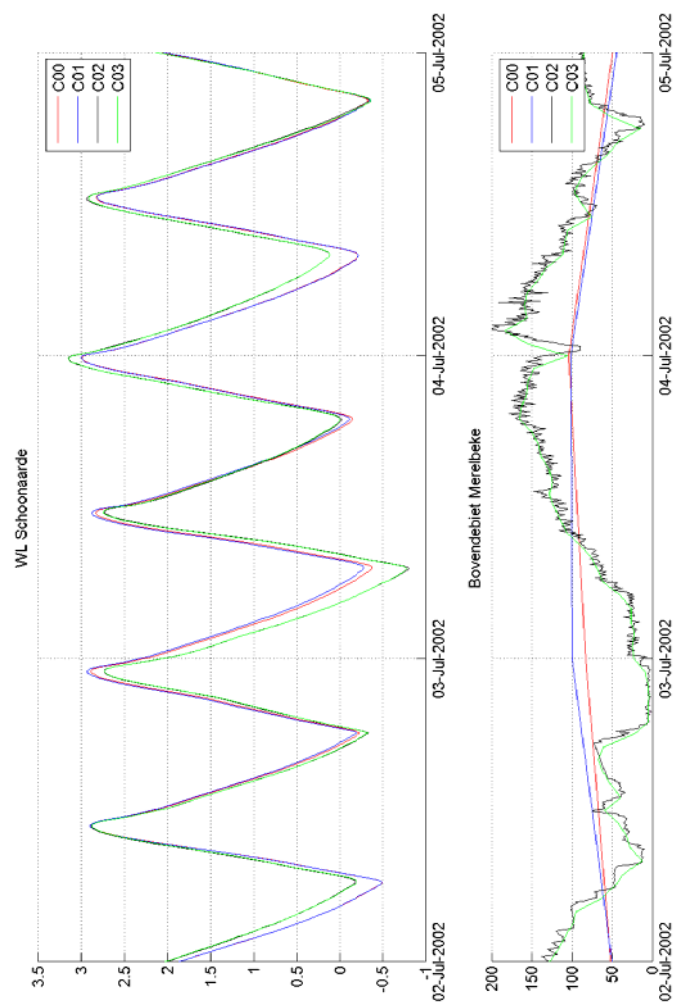
Figuur 52 - Gemeten debiet in de stuw van Merelbeke (IMDC, 2002)



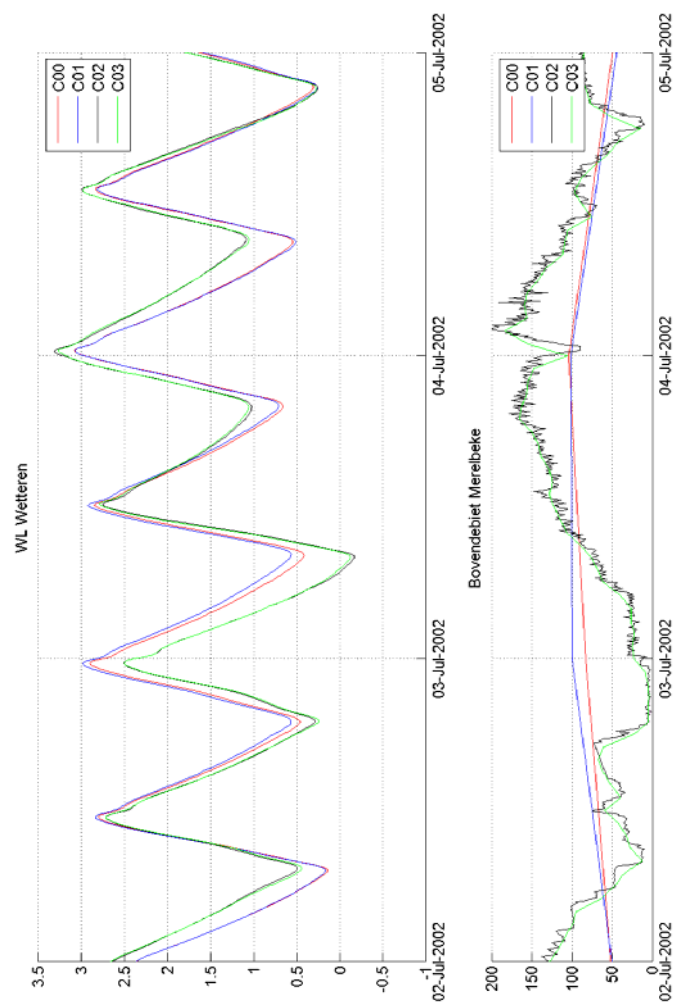
Figuur 53 - Boven: Vergelijking gemeten debiet te Merelbeke en afgeleid debiet uit metingen te Melle. Onder: Effect van tijdsmiddeling op de waargenomen debieten bij het instellen van opwaartse randvoorwaarden in Simona: middeling over één uur en één dag. De ruwe data is opgemeten elke 5 minuten.



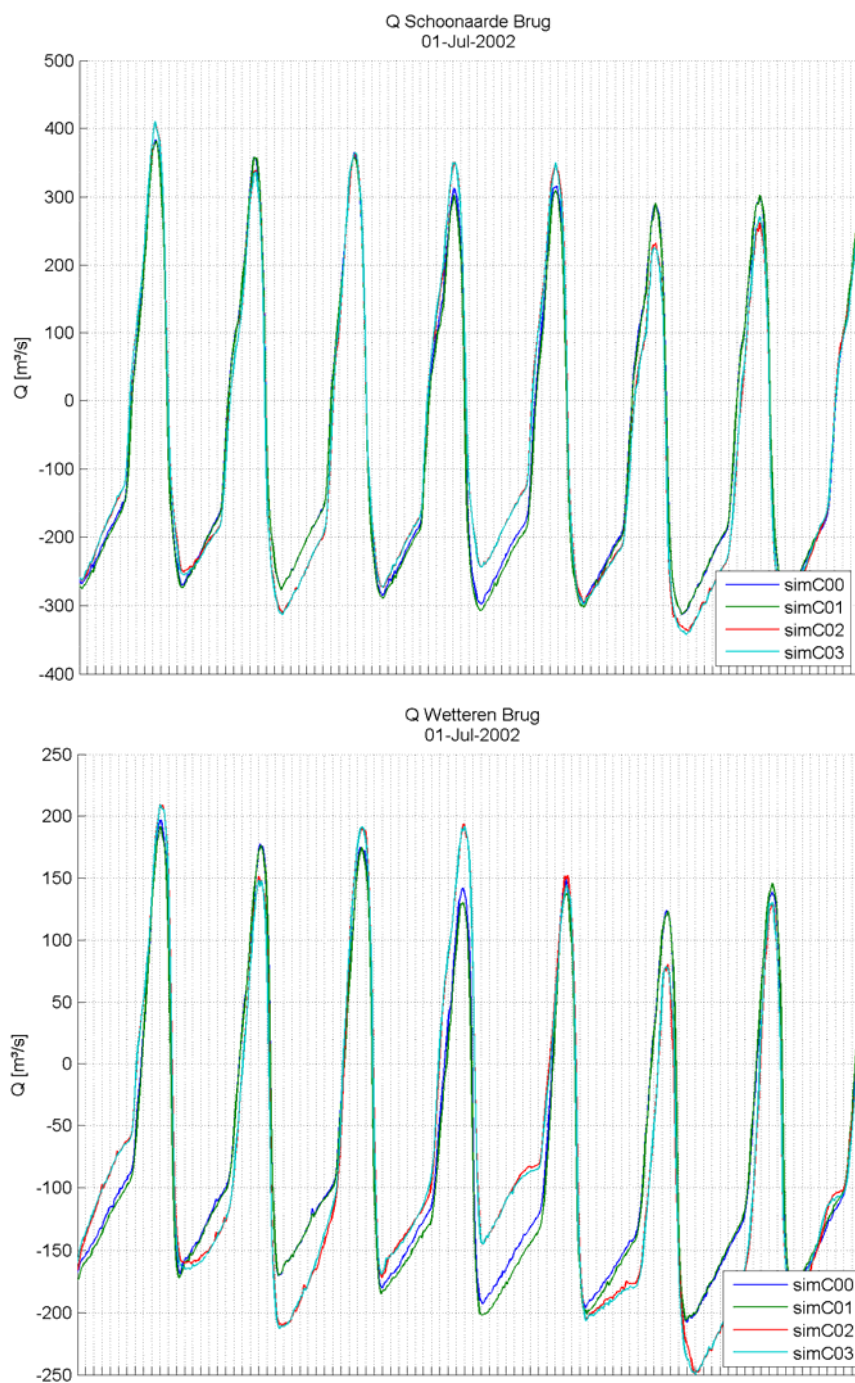
Figuur 54 - Windkarakteristieken september 2006: uurlijkse windsnelheid (m/s) bovenaan en windrichting (° azimuth) onderaan.



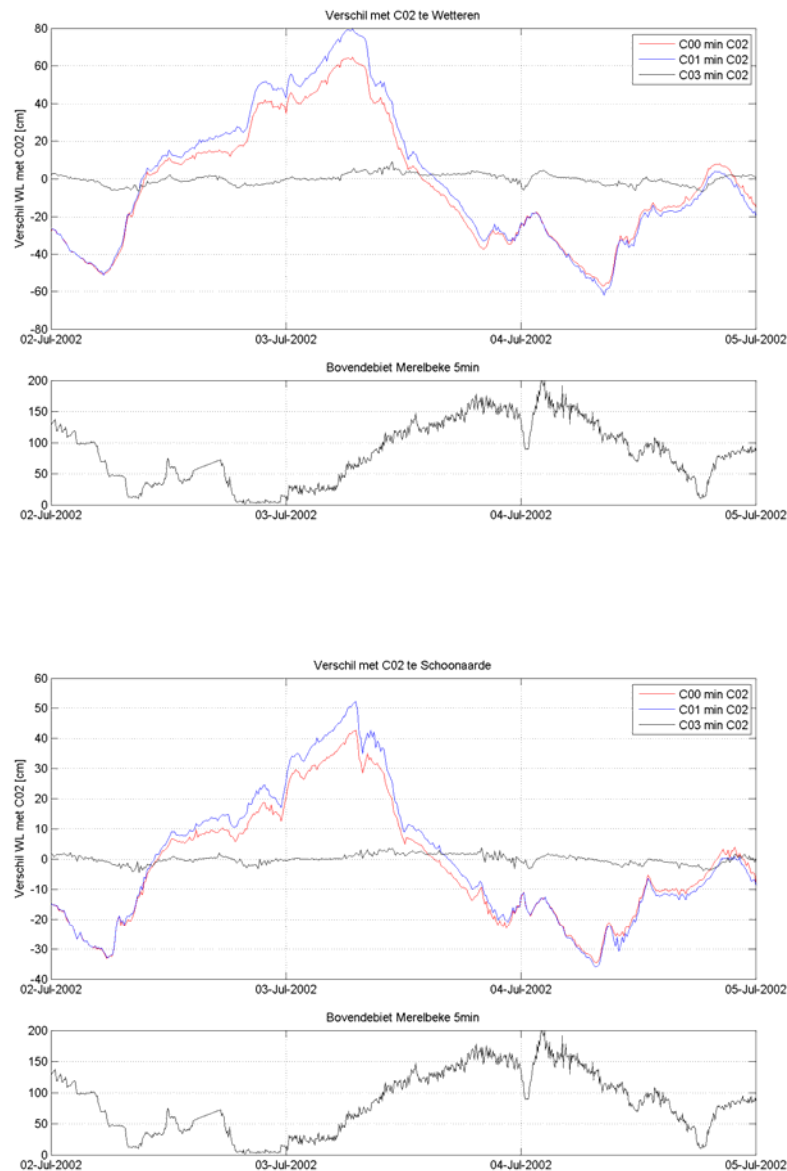
Figuur 55 - Waterstand te Schoonaarde voor simulaties C00, C01, C02 en C03



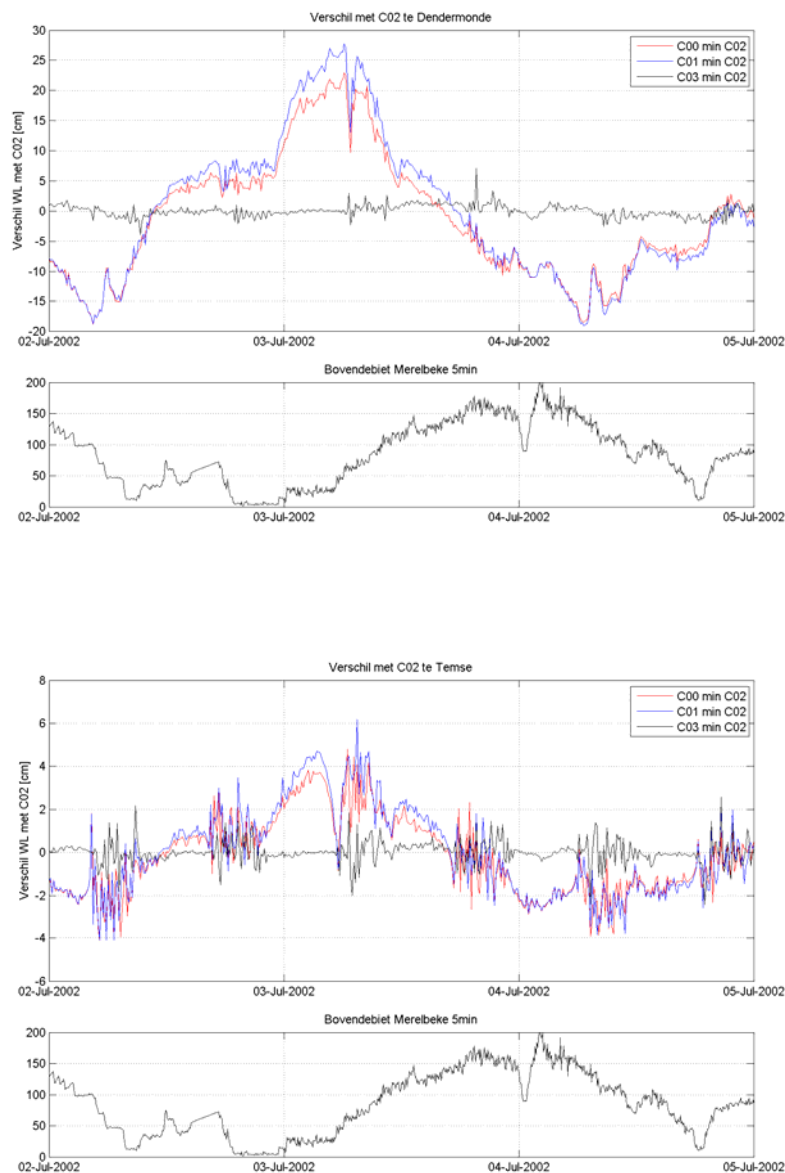
Figuur 56 - Waterstand te Wetteren voor simulaties C00, C01, C02 en C03



Figuur 57 - Momentaan debiet te Schoonaarde en Wetteren voor simulaties C00, C01, C02 en C03 van 1 tot 5 juli 2002.

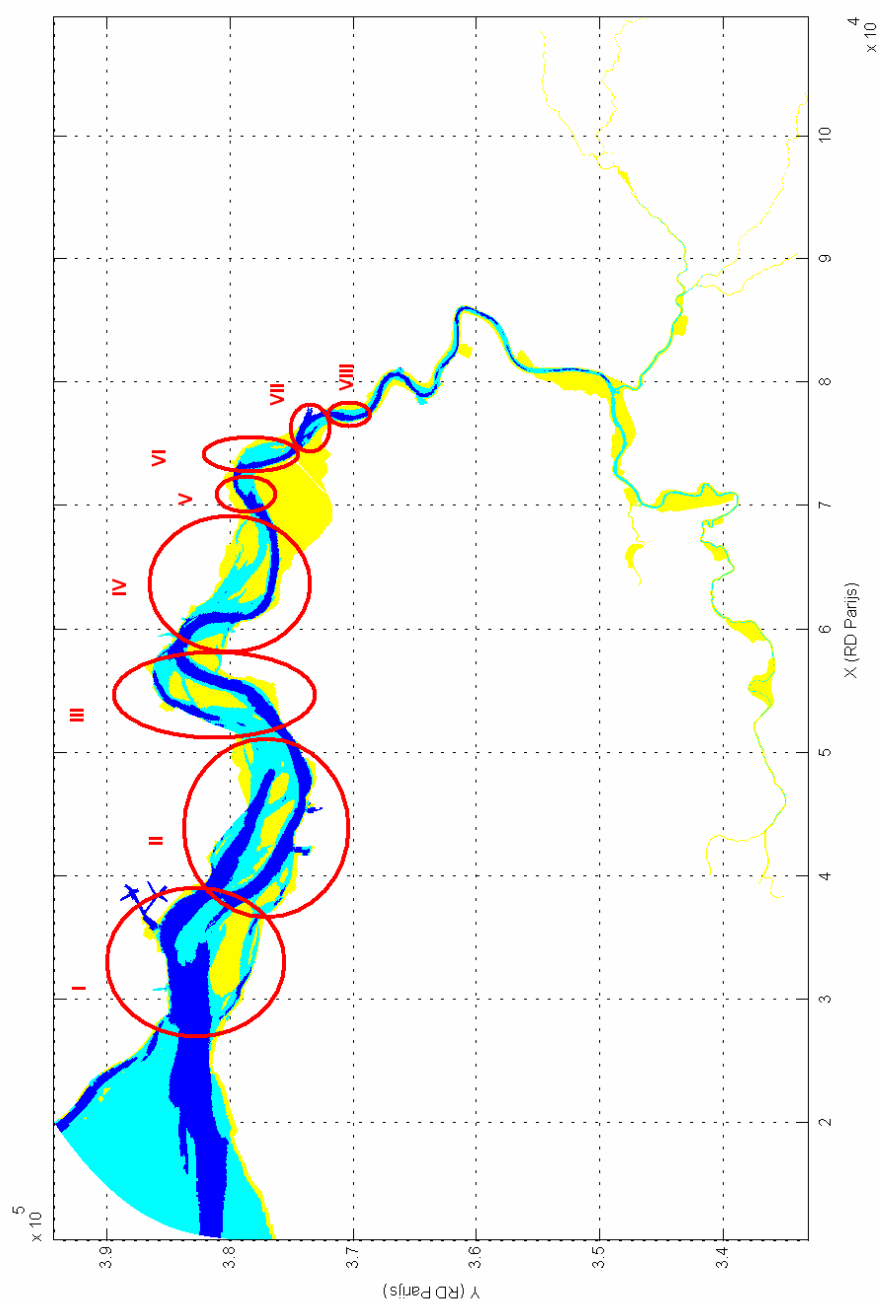


Figuur 58 - Verschilplot te Wetteren en Schoonaarde voor simulaties C00, C01, C02 en C03

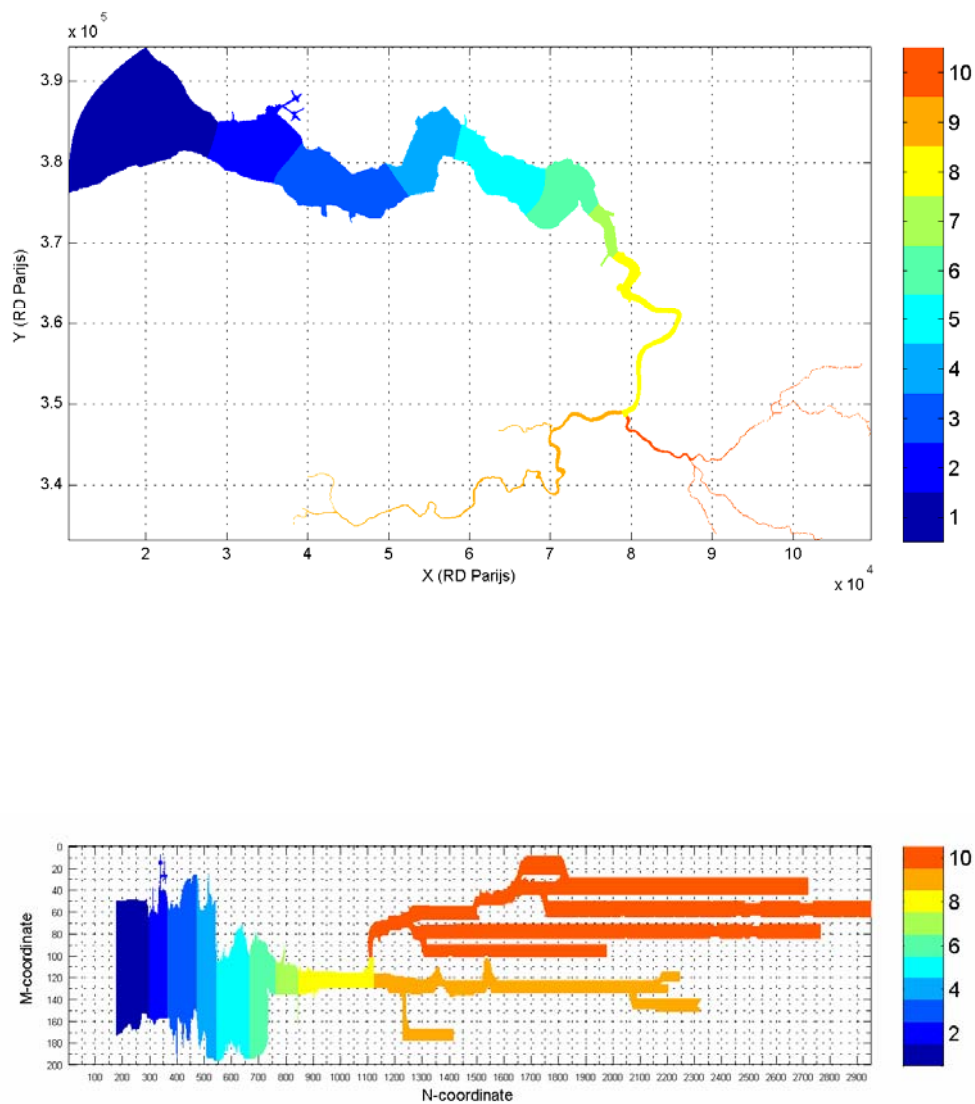


Figuur 59 - Verschilplot te Dendermonde en Temse voor simulaties C00, C01, C02 en C03

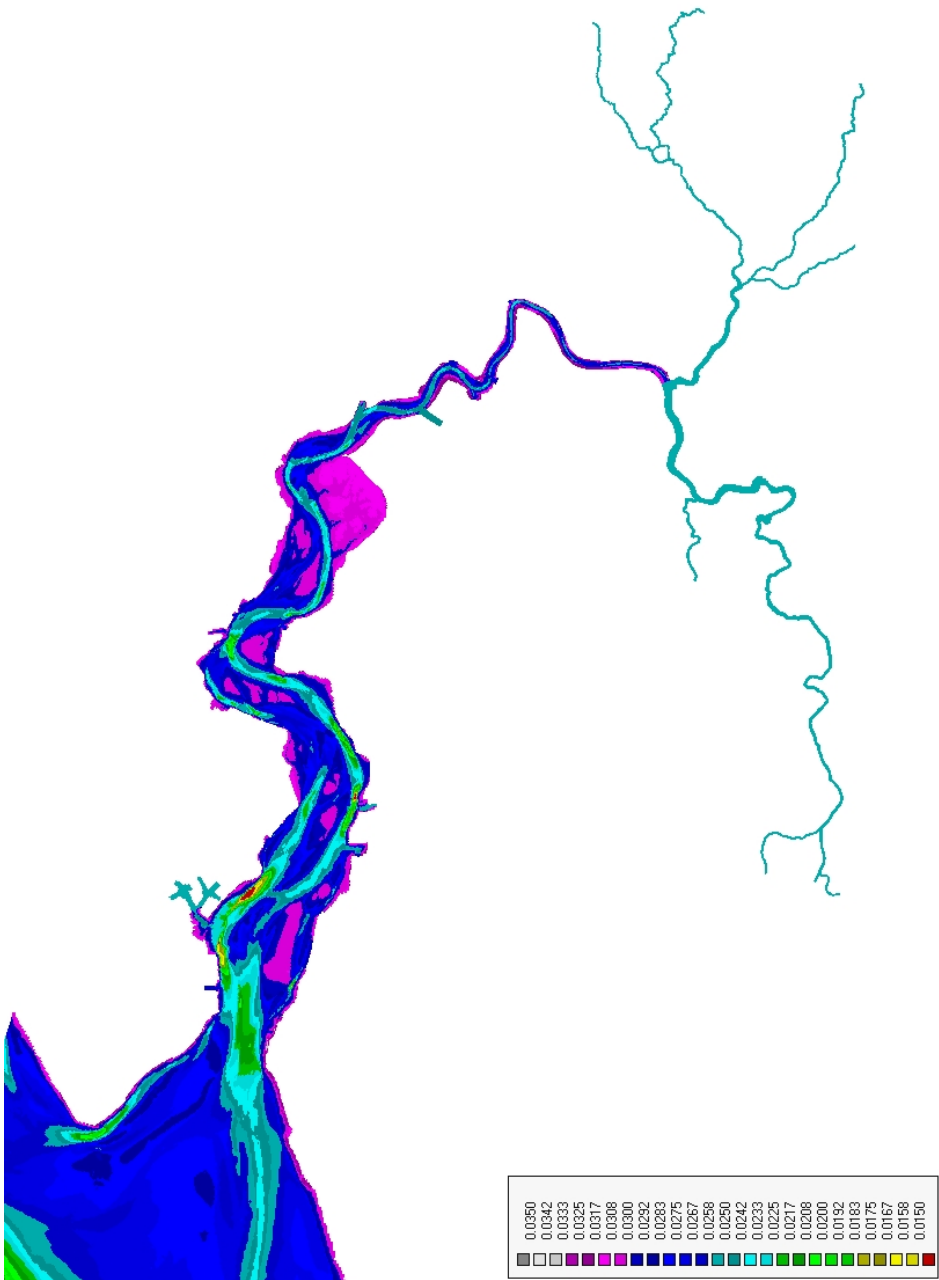




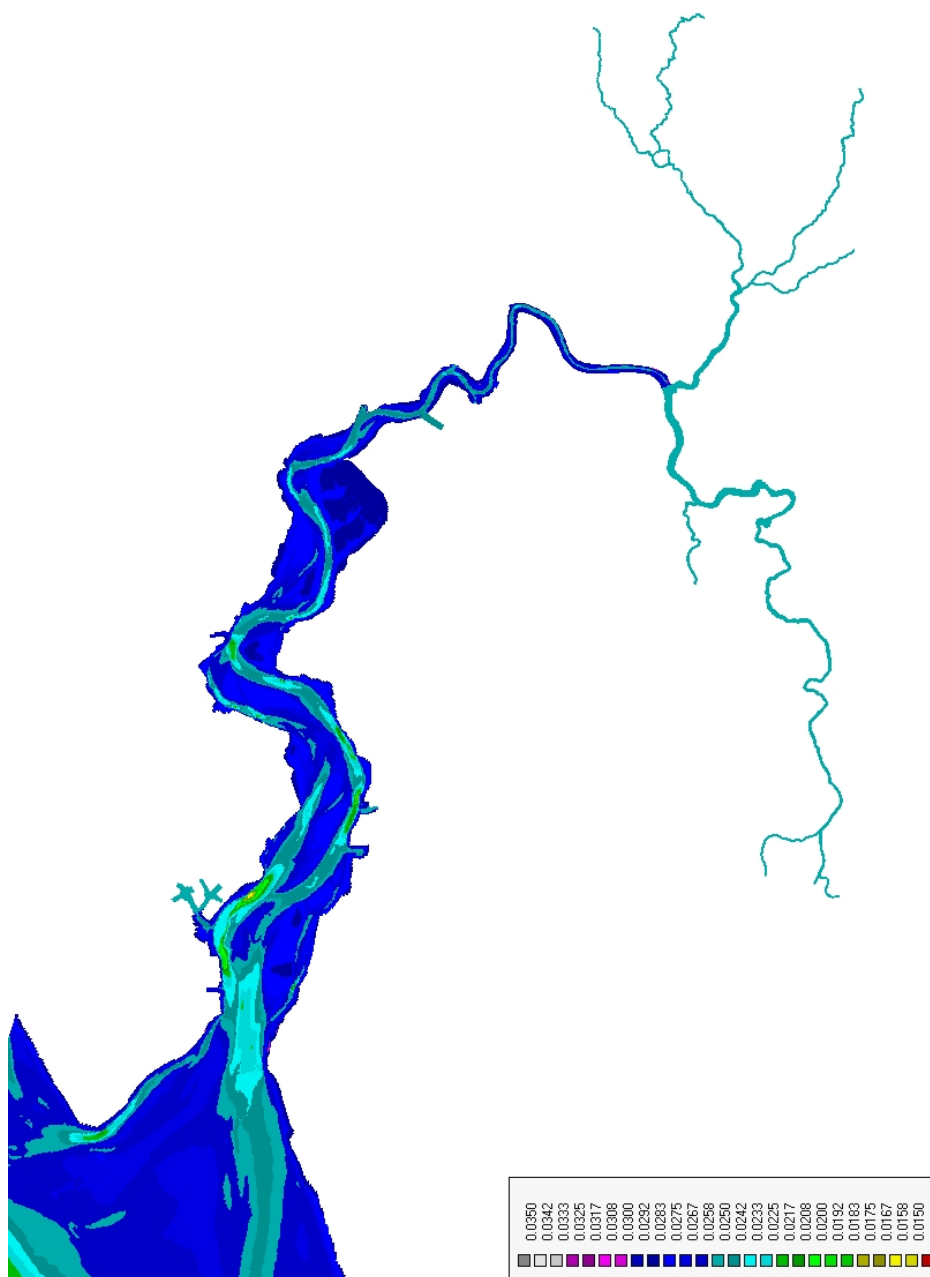
Figuur 60 - Het geulensysteem in de Westerschelde met aanduiding van de macrocellen gevormd door de eb- en vloedgeulen.



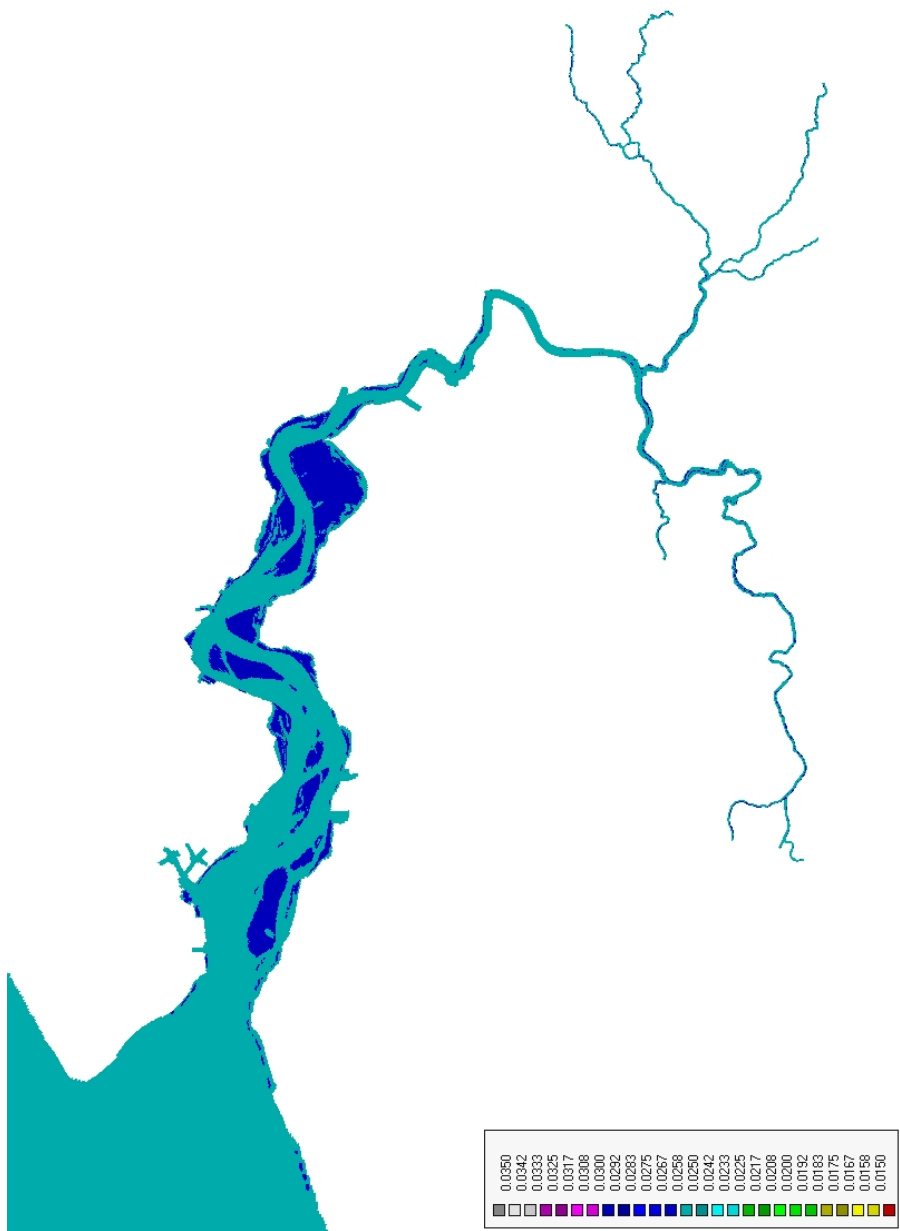
Figuur 61 - Opdeling van het modeldomein in 10 deelgebieden voor de gevoeligheidsanalyse voor ruwheid.



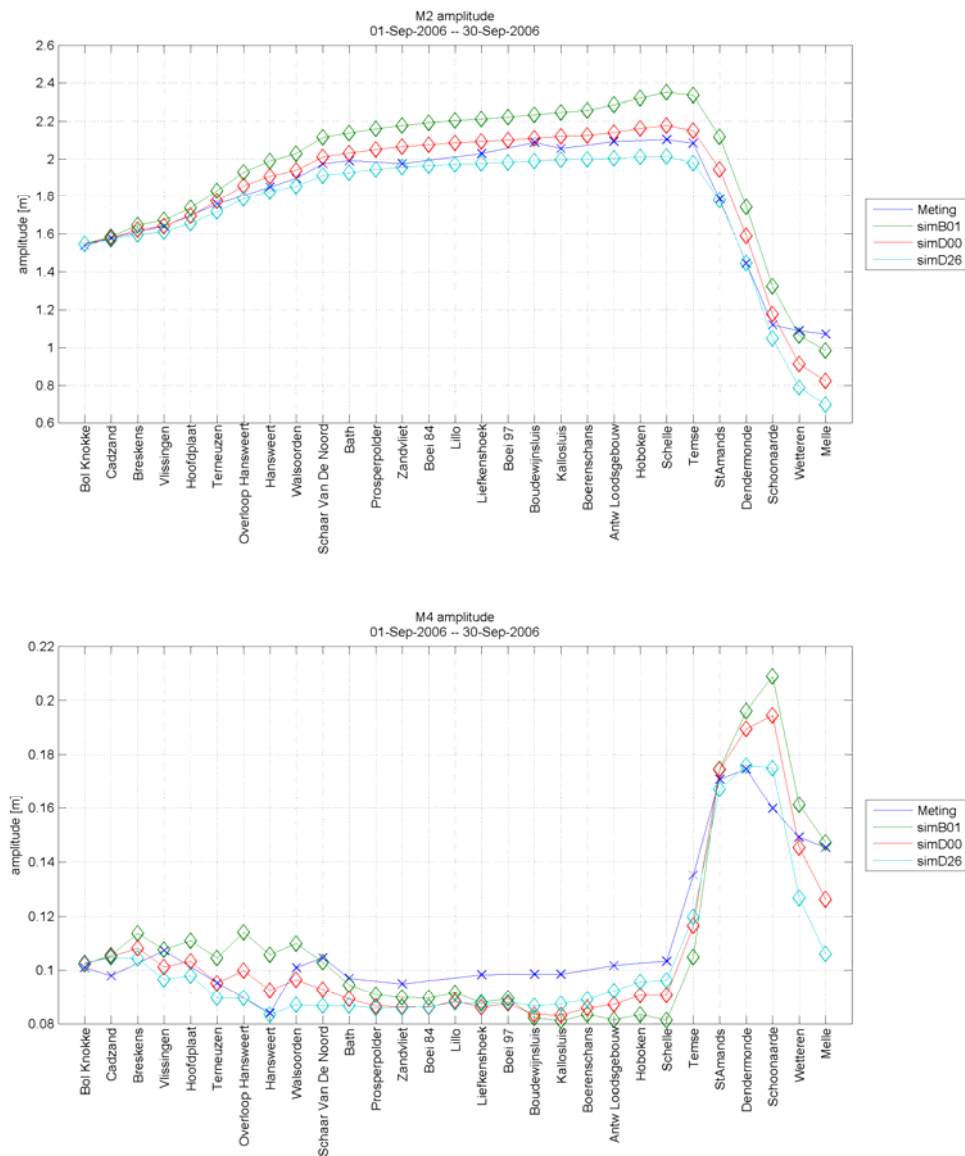
Figuur 62 - Manning-ruwheid bij run D23



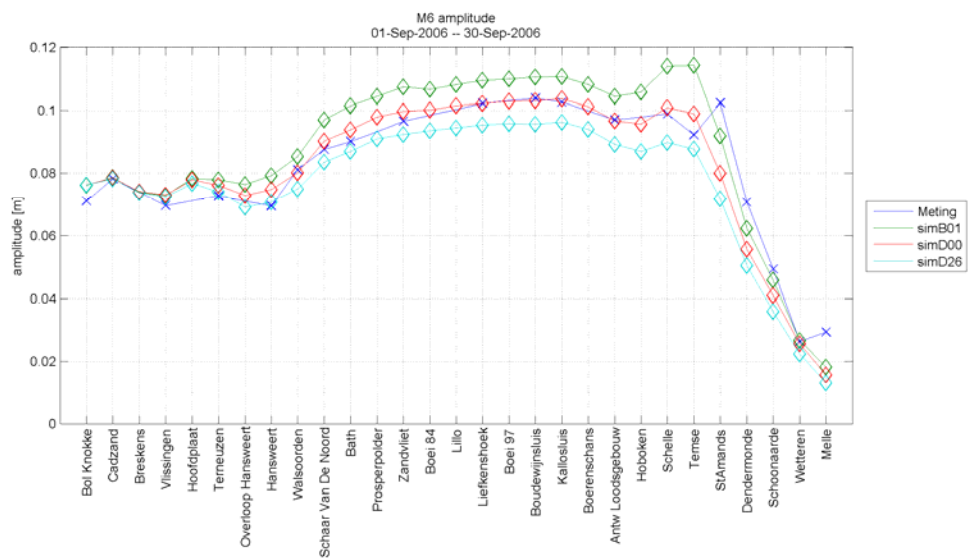
Figuur 63 - Manning-ruwheid bij run D24



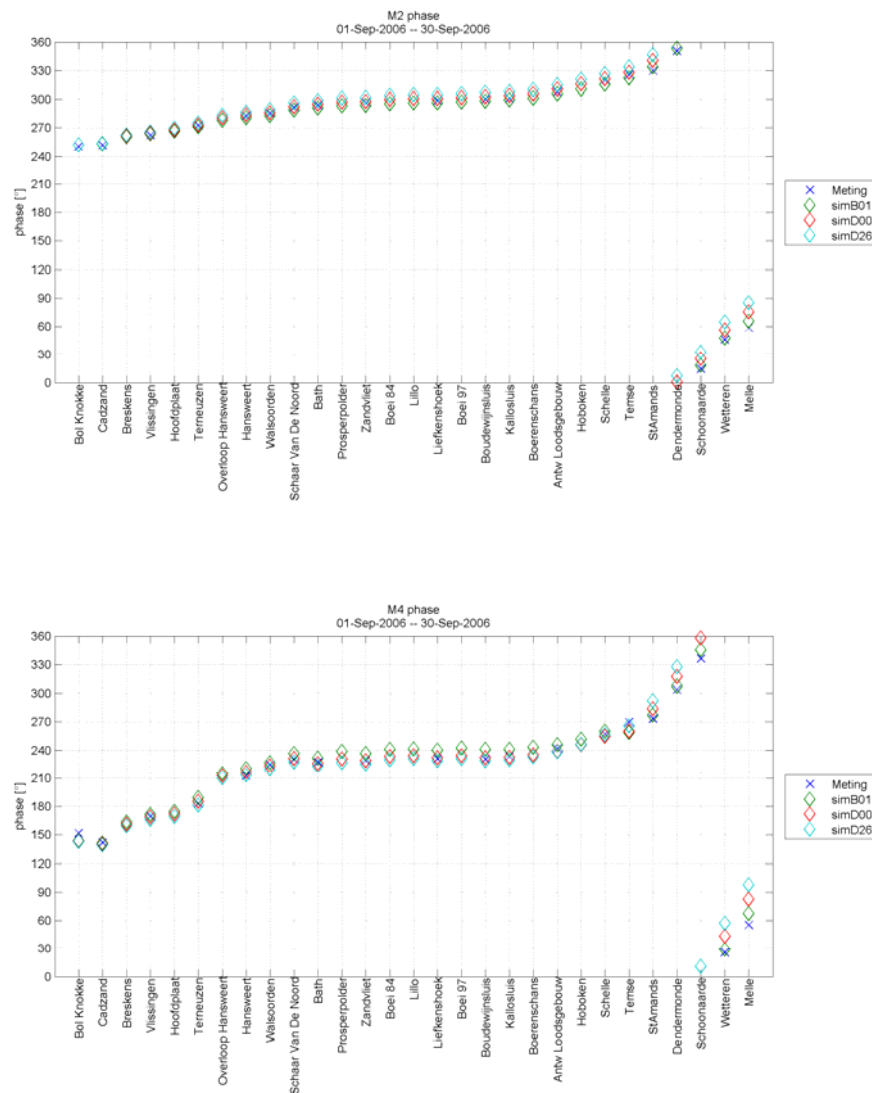
Figuur 64 - Manning-ruwheid bij run D25



Figuur 65 - Vergelijking van de M2 (boven) en M4 (onder) amplitude bij verschillende uniforme Manning-ruwheid (simB01: 0.022; simD00: 0.025; simD26: 0.028)

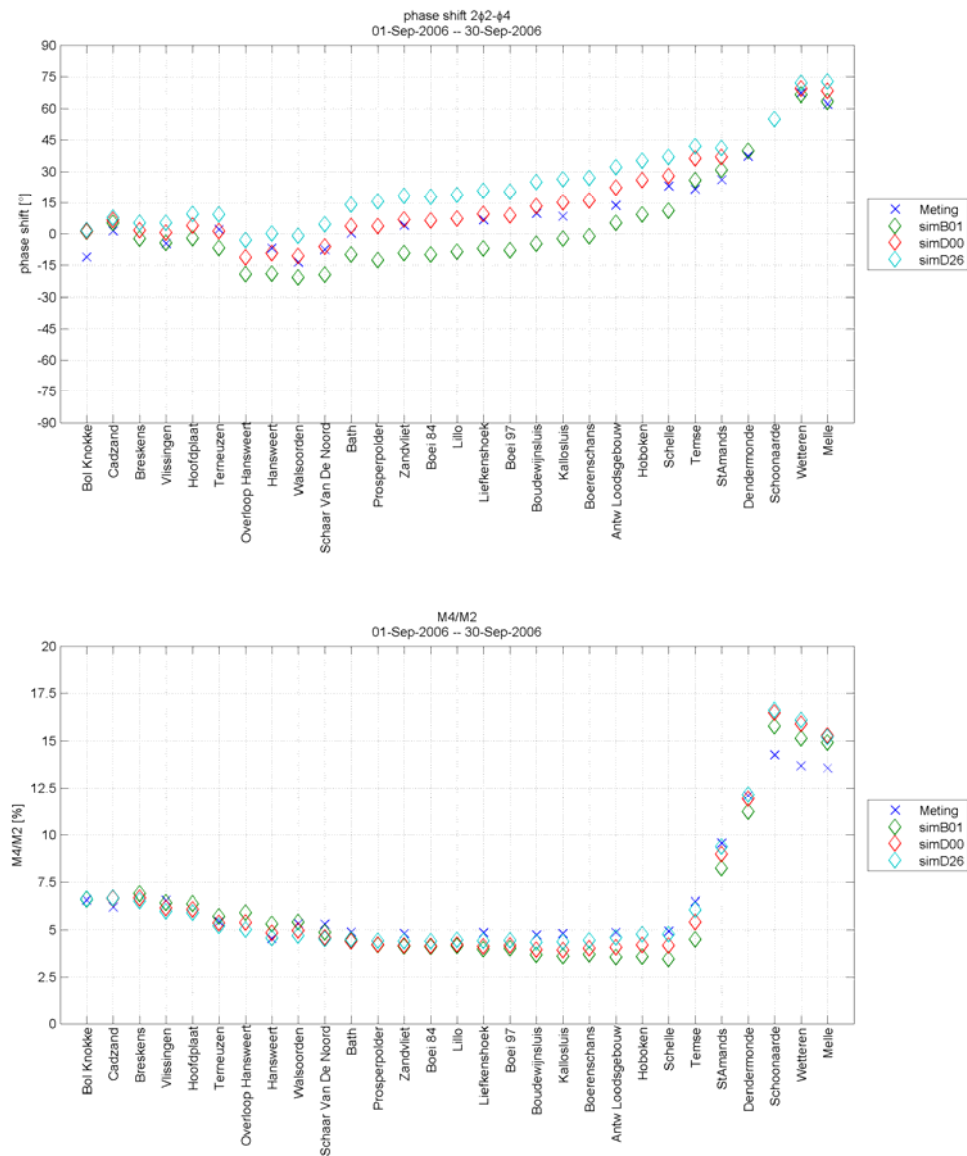


Figuur 66 - Vergelijking van de M6 amplitude bij verschillende uniforme Manning-ruwheid (simB01: 0.022; simD00: 0.025; simD26: 0.028).

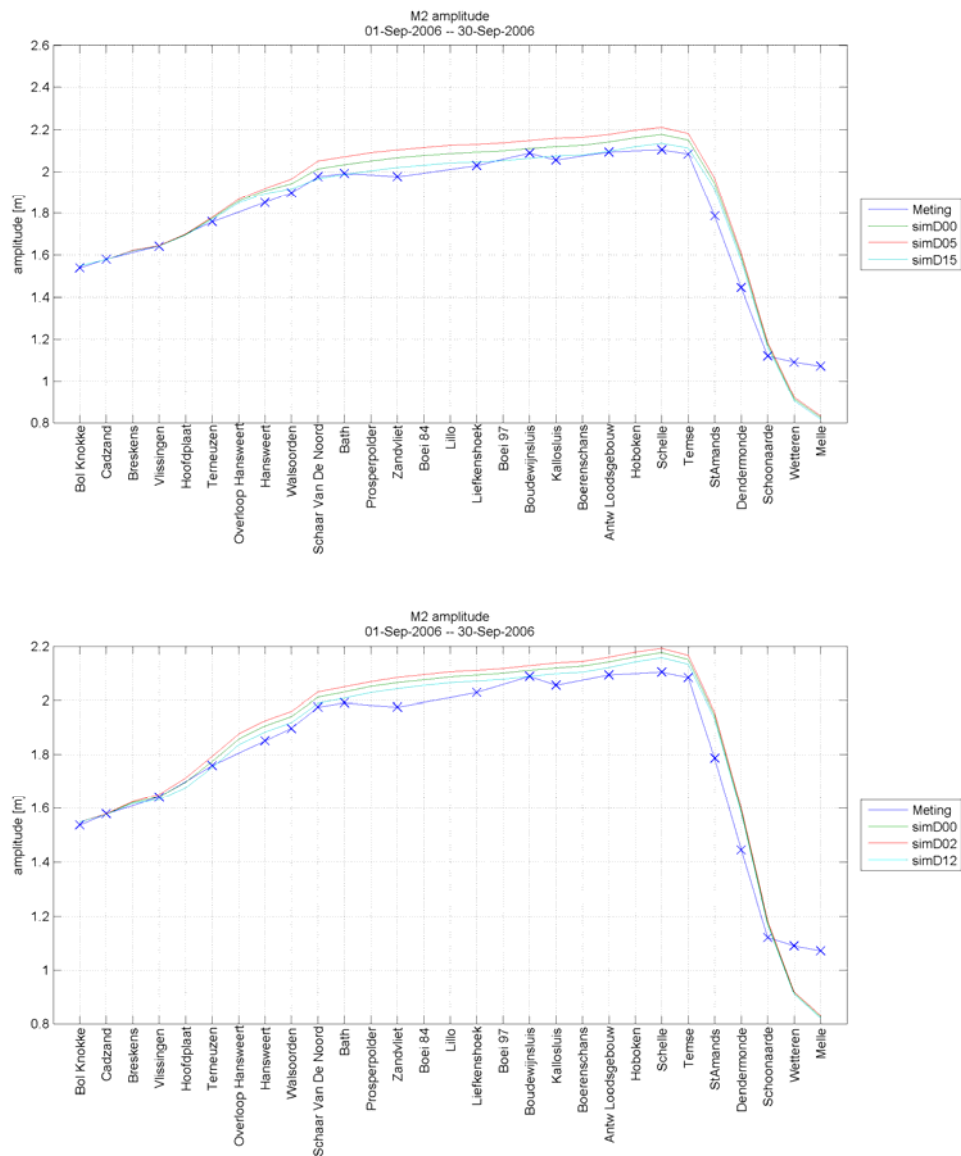


Figuur 67 - M2 (boven) en M4 (onder) fase bij verschillende uniforme Manning-ruwheid (simB01: 0.022; simD00: 0.025; simD26: 0.028)

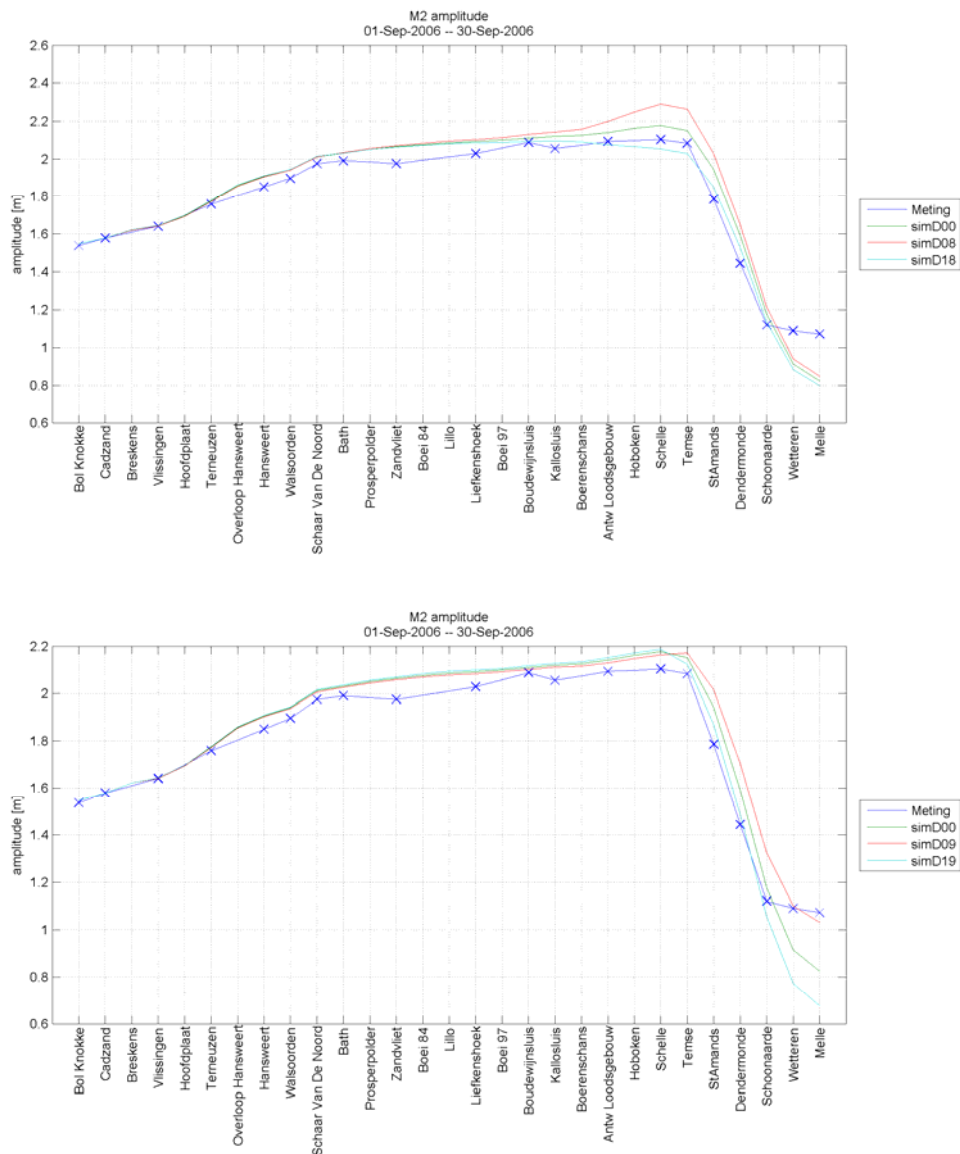




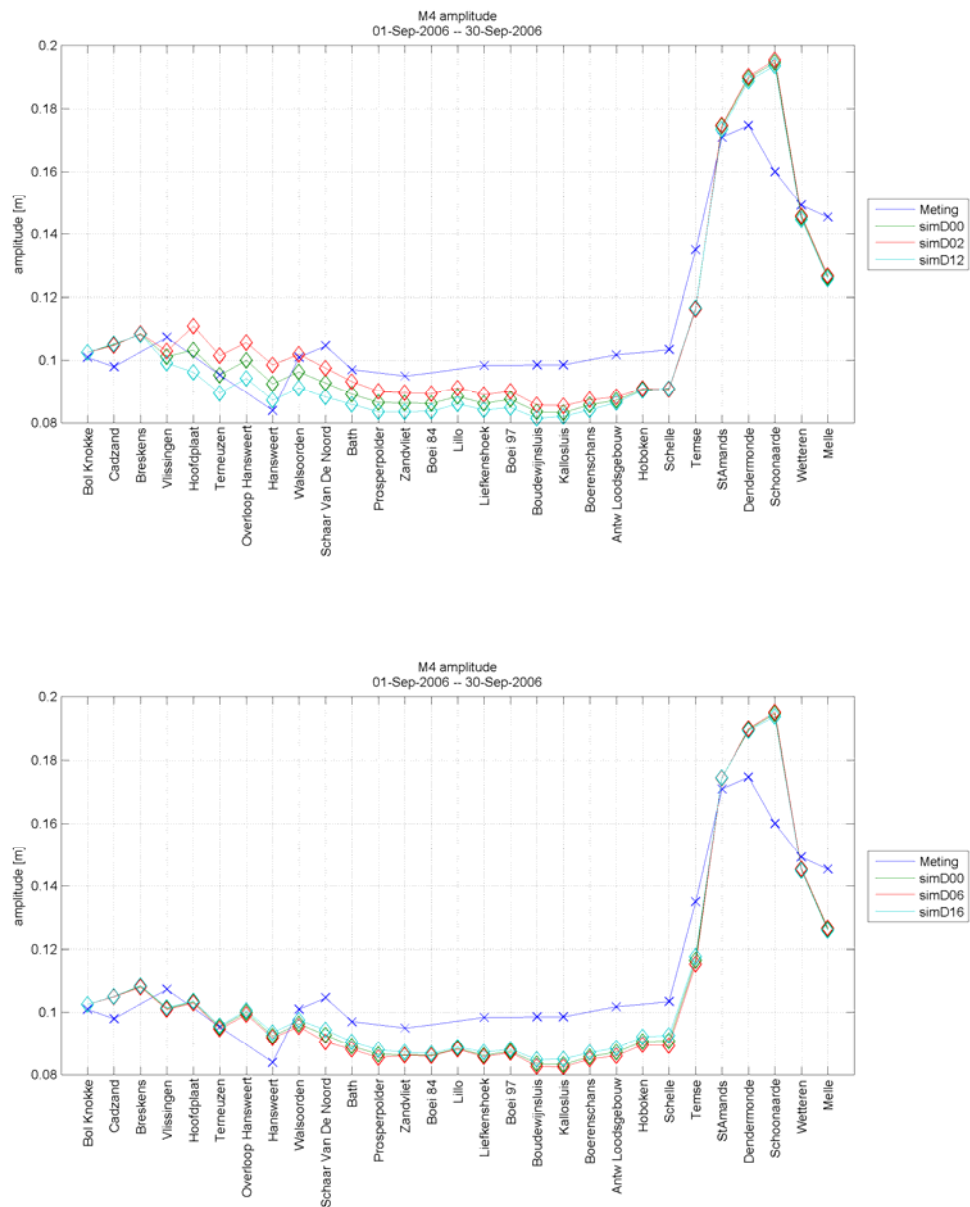
Figuur 68 - Faseverschuiving tussen M2 en M4 (boven) en de M4/M2 amplitudeverhouding (onder).



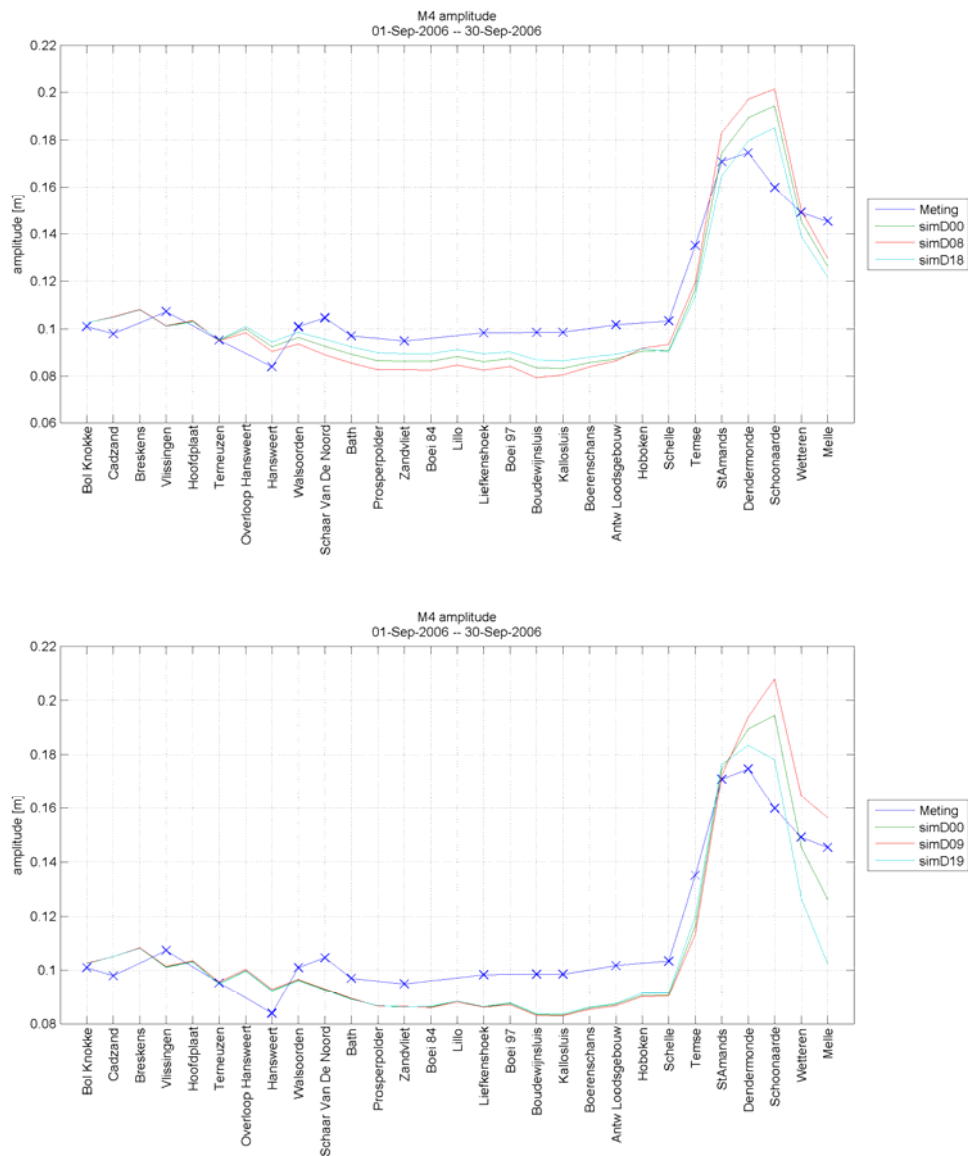
Figuur 69 - Vergelijking van M2 amplitude bij verandering van de bodemruwheid in het gebied Hansweert tot de Schaar van de Noord (boven) en tussen Vlissingen en Hoofdplaat (onder).



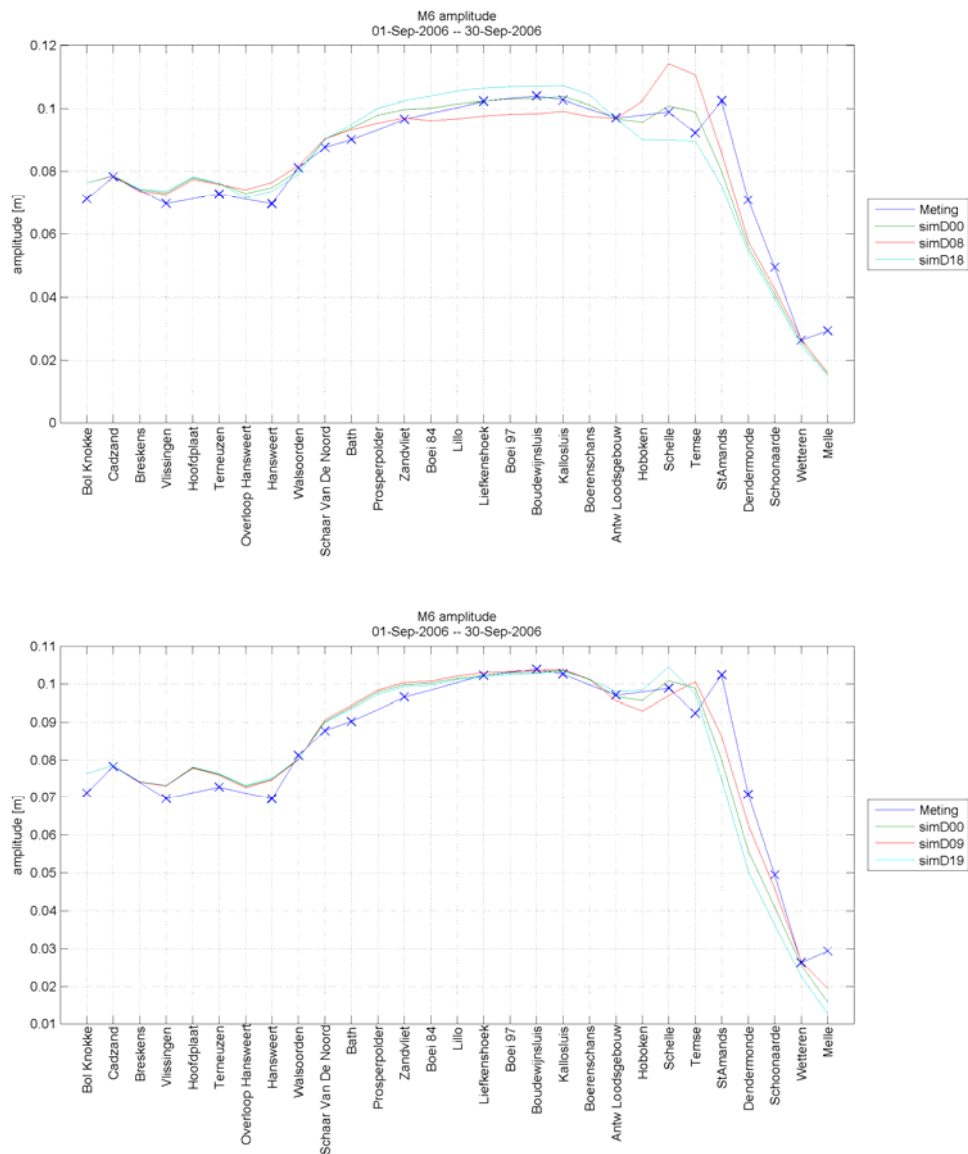
Figuur 70 - Vergelijking van M2 amplitude bij verandering van de bodemruwheid in de Beneden Zeeschelde (boven) en in de Boven Zeeschelde (onder).



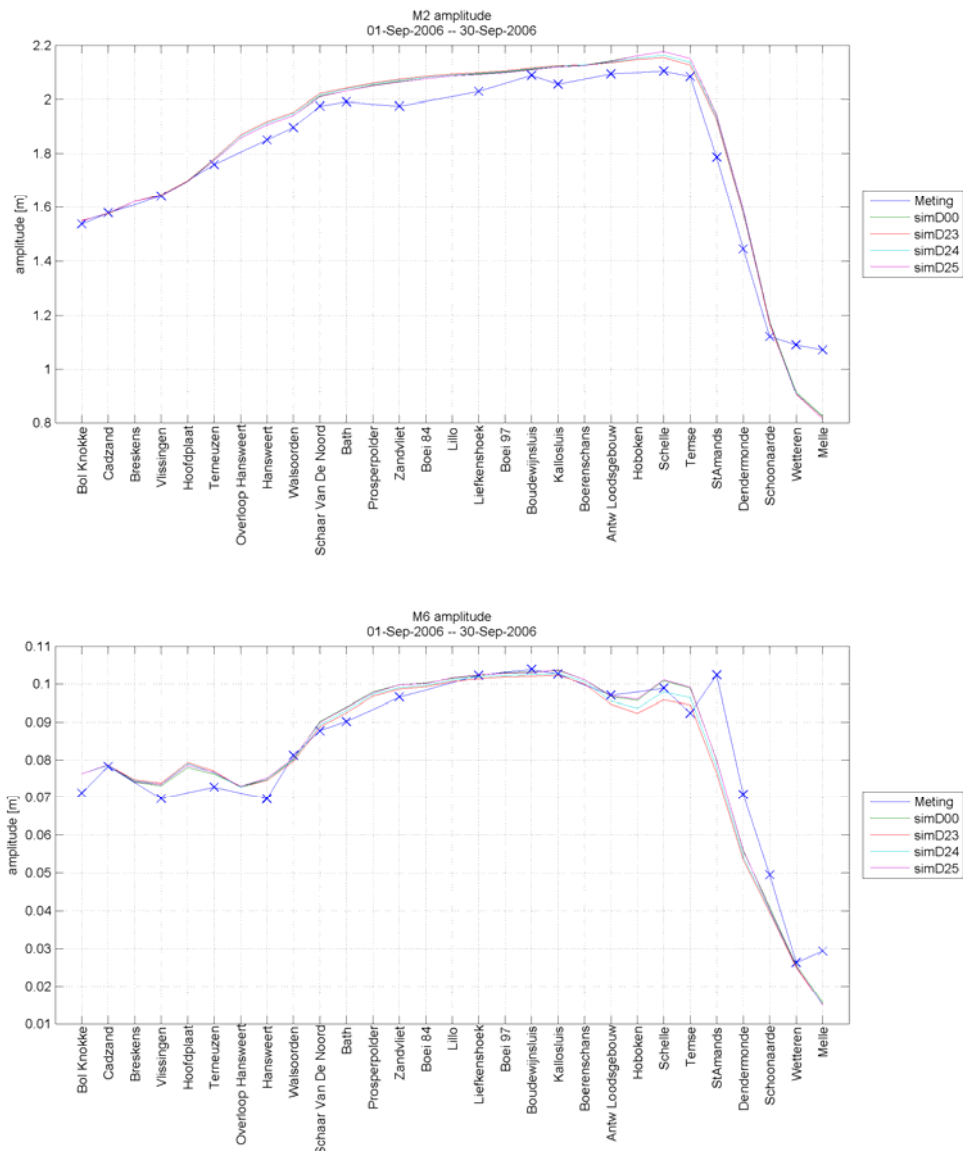
Figuur 71 - Vergelijking van M4 amplitude bij verandering van de bodemruwheid in zone 2 (boven) en in zone 6 (onder).



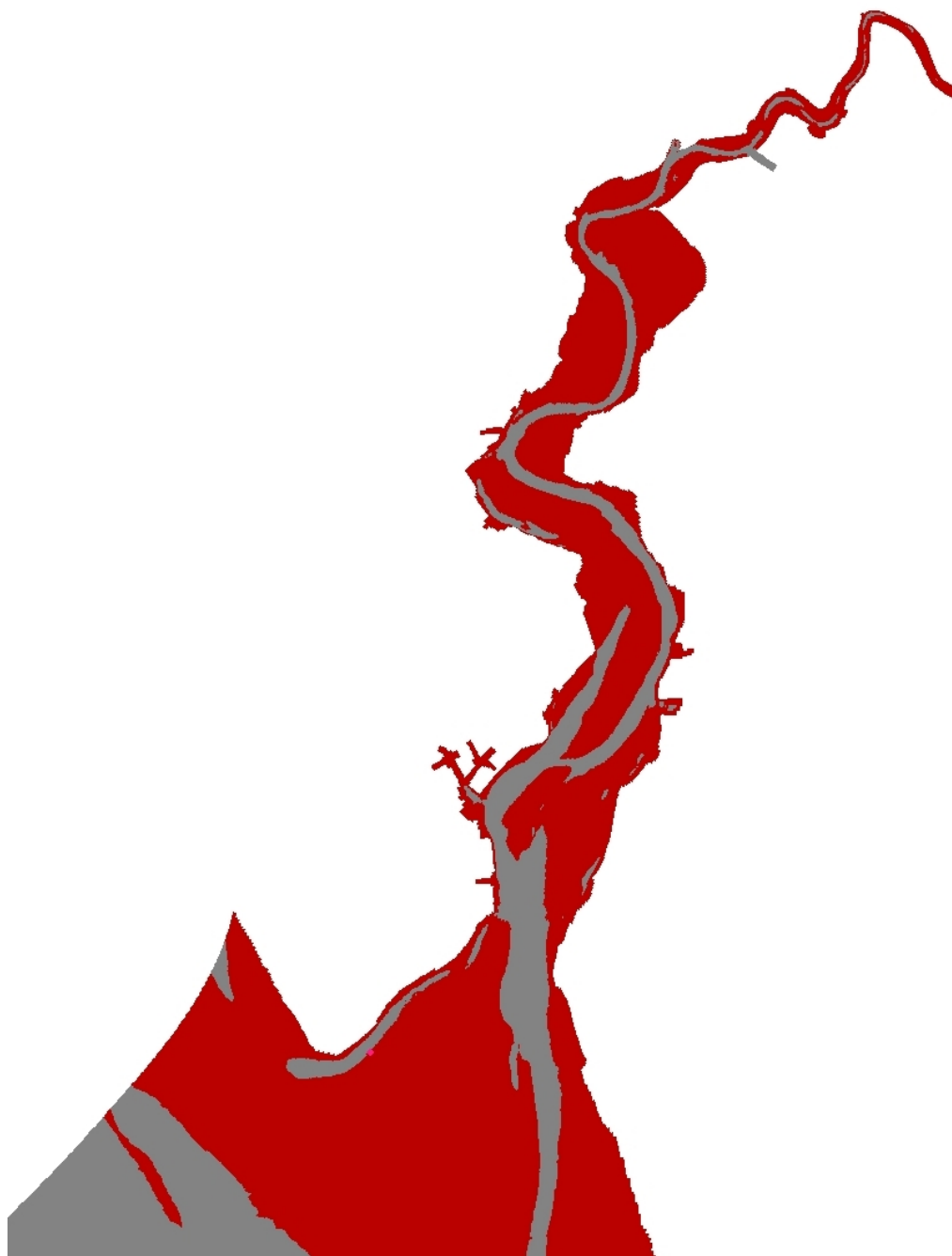
Figuur 72 - Vergelijking van M4 amplitude bij verandering van de bodemruwheid in de Beneden Zeeschelde (boven) en in de Boven Zeeschelde (onder).



Figuur 73 - Vergelijking van M6 amplitude bij verandering van de bodemruwheid in de Beneden Zeeschelde (boven) en in de Boven Zeeschelde (onder).

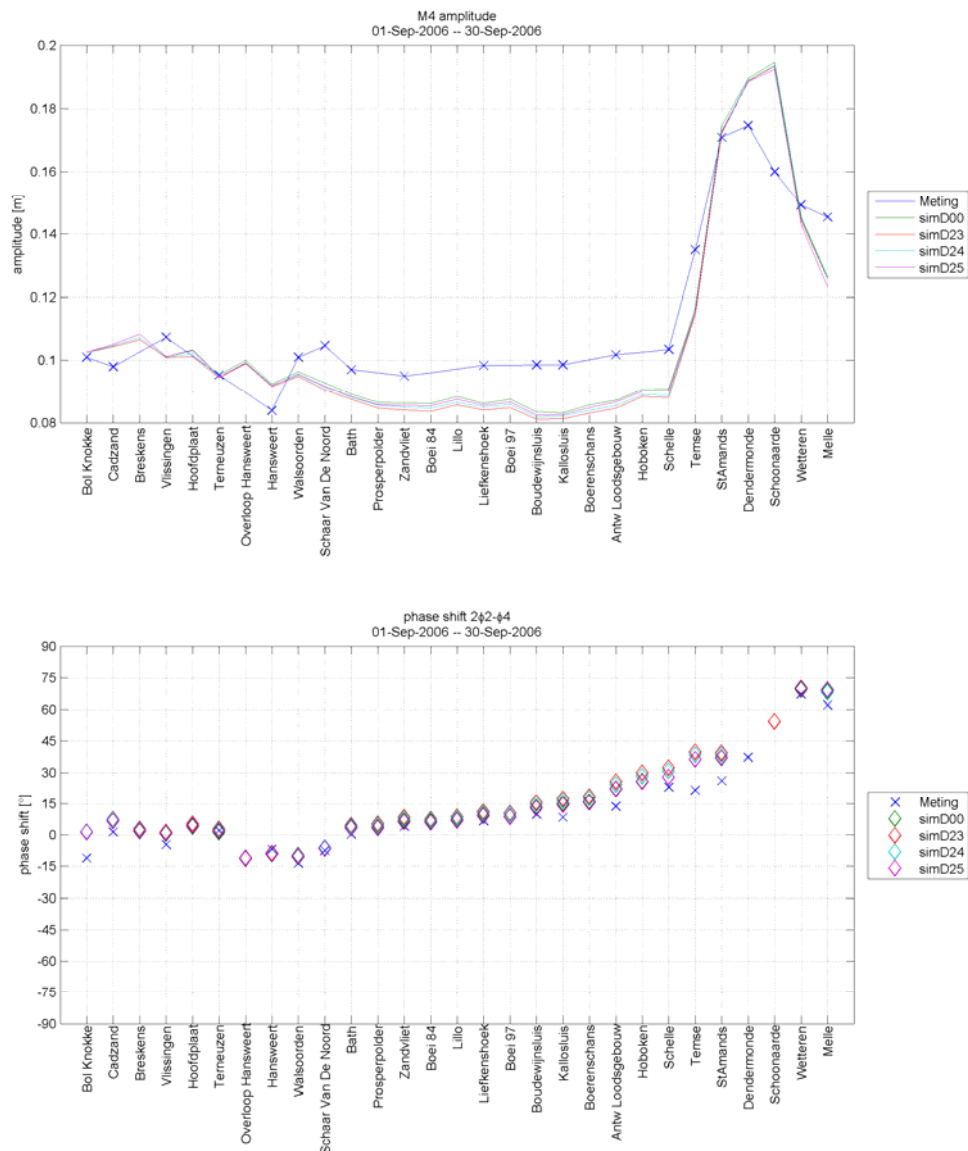


Figuur 74 - Vergelijking van M2 (boven) en M6 (onder) amplitude voor een constante bodemruwheid (D00) en dieptevariabele ruwheid (D23 en D24). Ook een gewijzigde ruwheid in intertidaal gebied is beschouwd (D25).

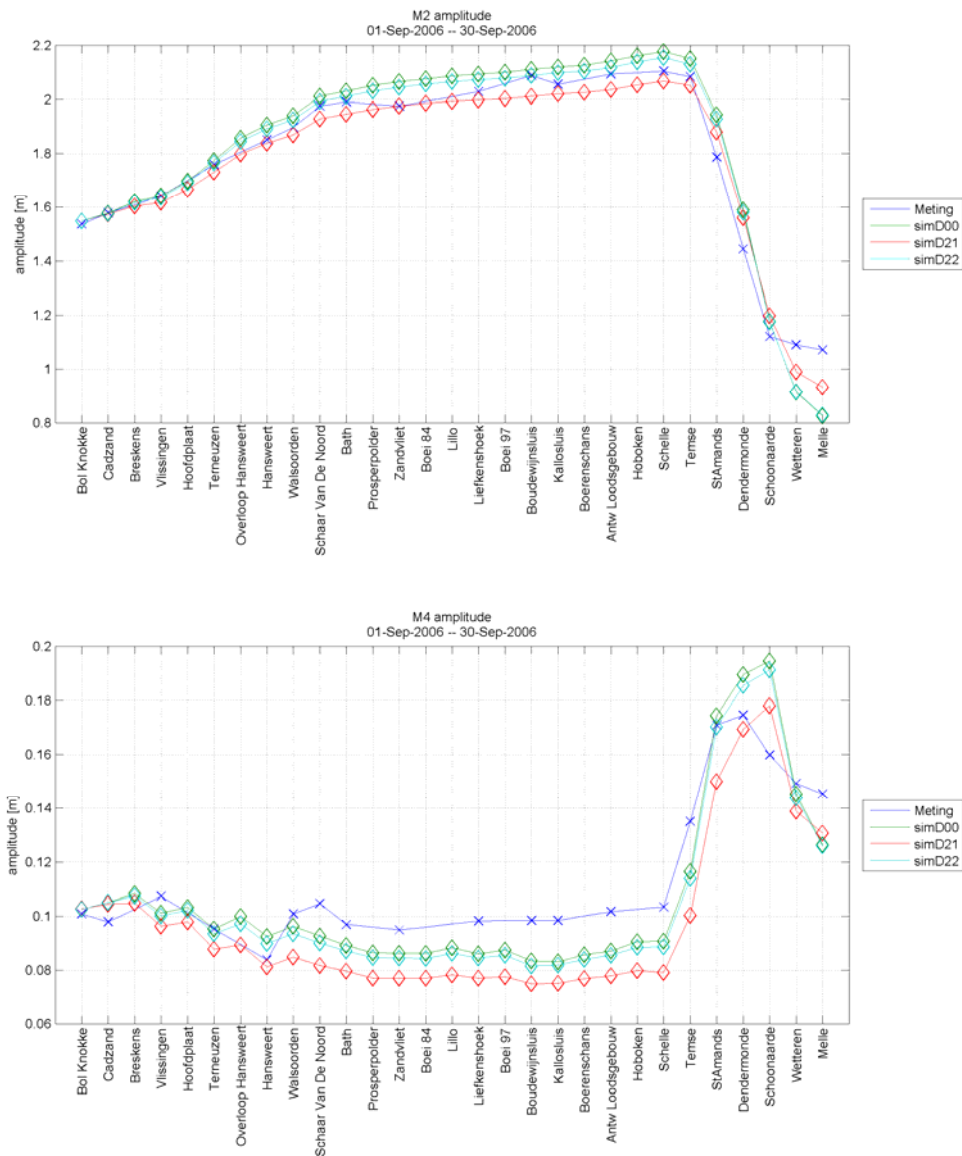


*Figuur 75 - Aanduiding van gebieden dieper (grijs) en ondieper (rood) dan -15 mNAP (grijs) in de Westerschelde en Zeeschelde opwaarts Antwerpen.*

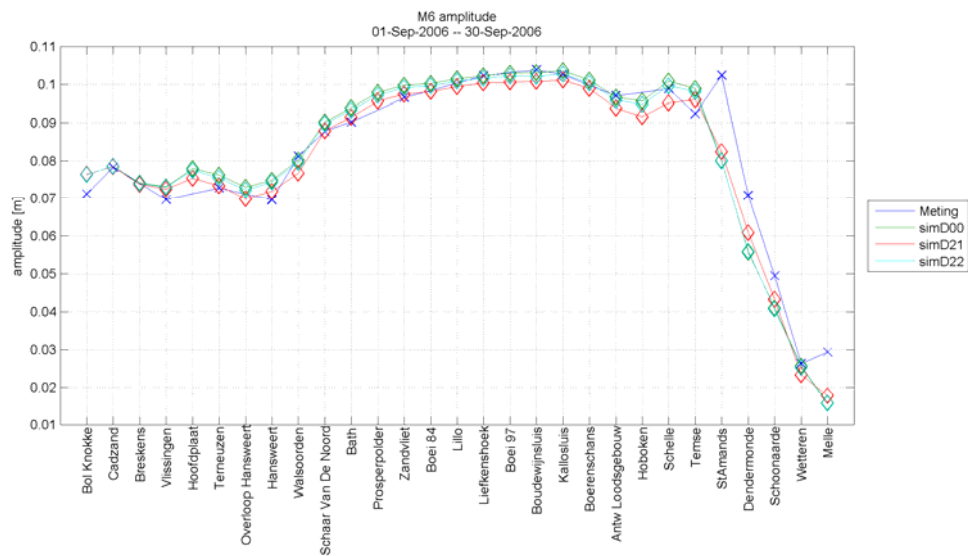




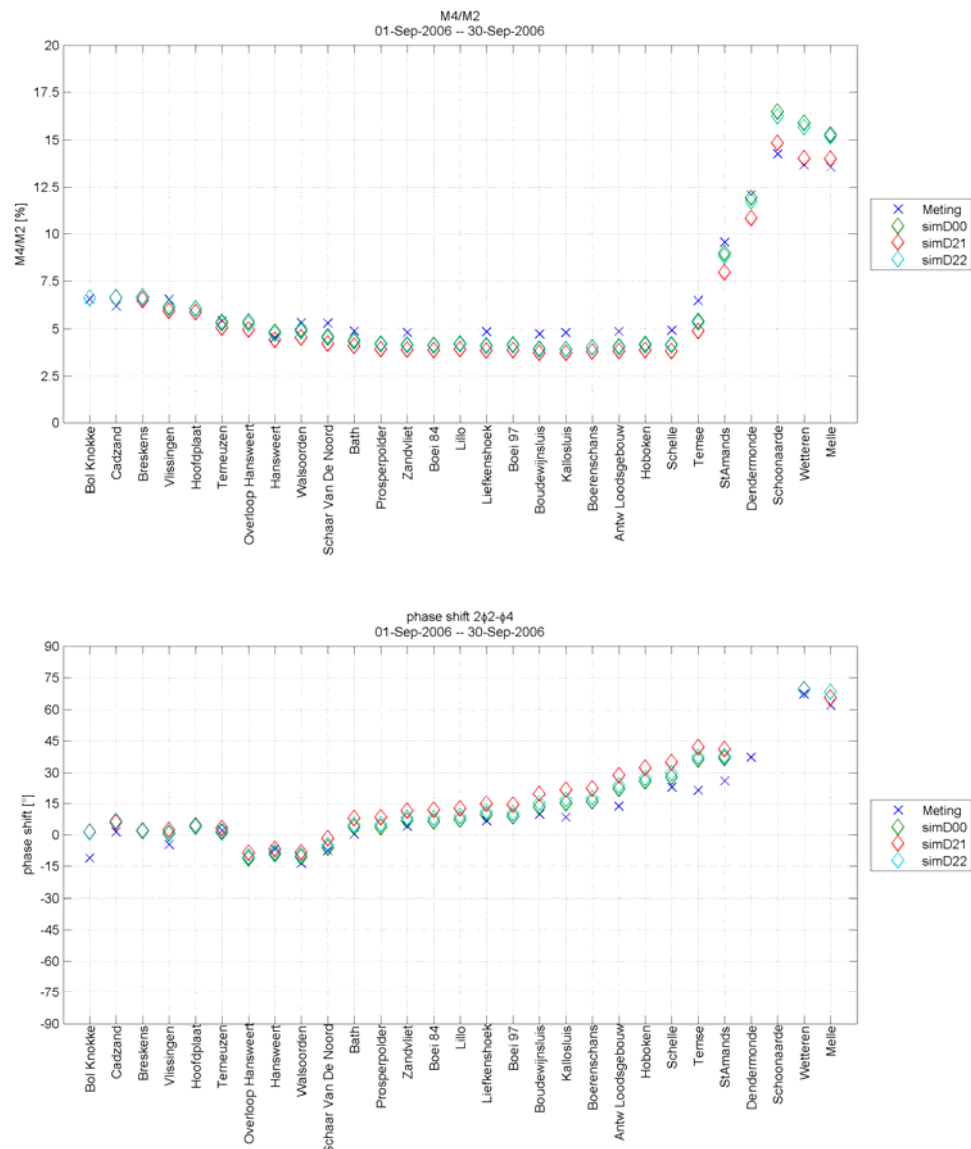
Figuur 76 - Vergelijking van M4 amplitude en de 2M2-M4 faseverschuiving voor een constante bodemruwheid (D00) en dieptevariabele ruwheid (D23 en D24). Ook een gewijzigde ruwheid in intertidaal gebied is beschouwd (D25).



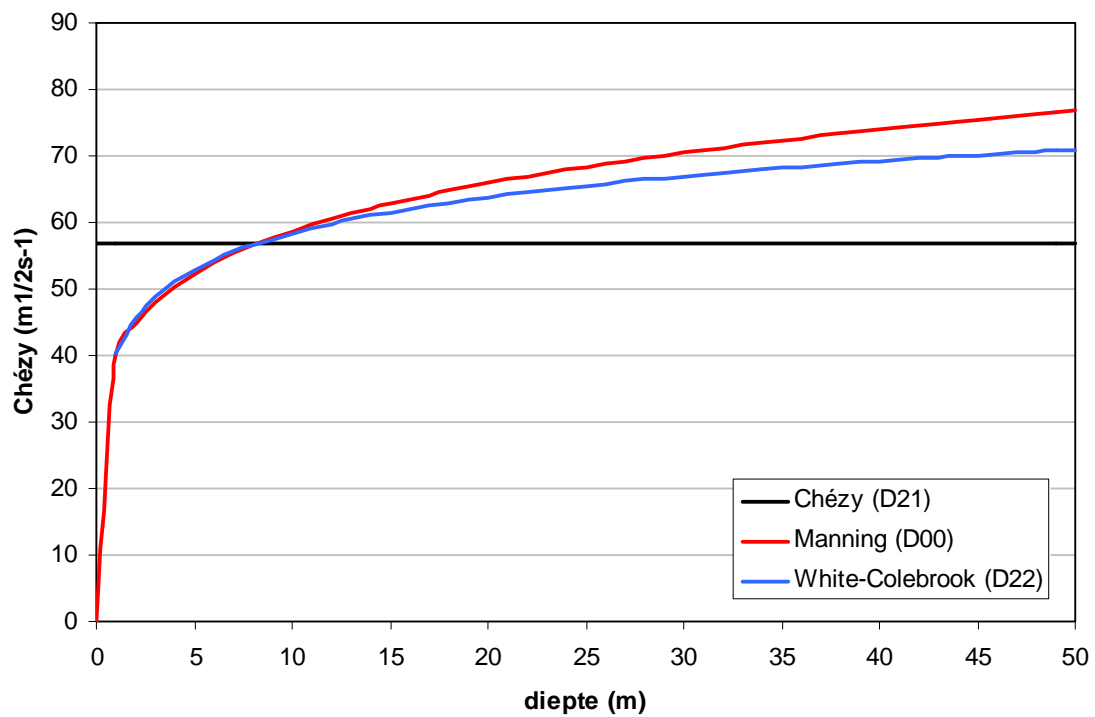
Figuur 77 - Vergelijking van de M2 en M4 amplitude de gevoeligheidsanalyse voor drie ruwheidsformuleringen: Chézy ( $C=57 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{-1}$ ), Manning ( $n=0,025 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$ ) en White-Colebrook ( $k_s=0,0685 \text{ m}$ ).



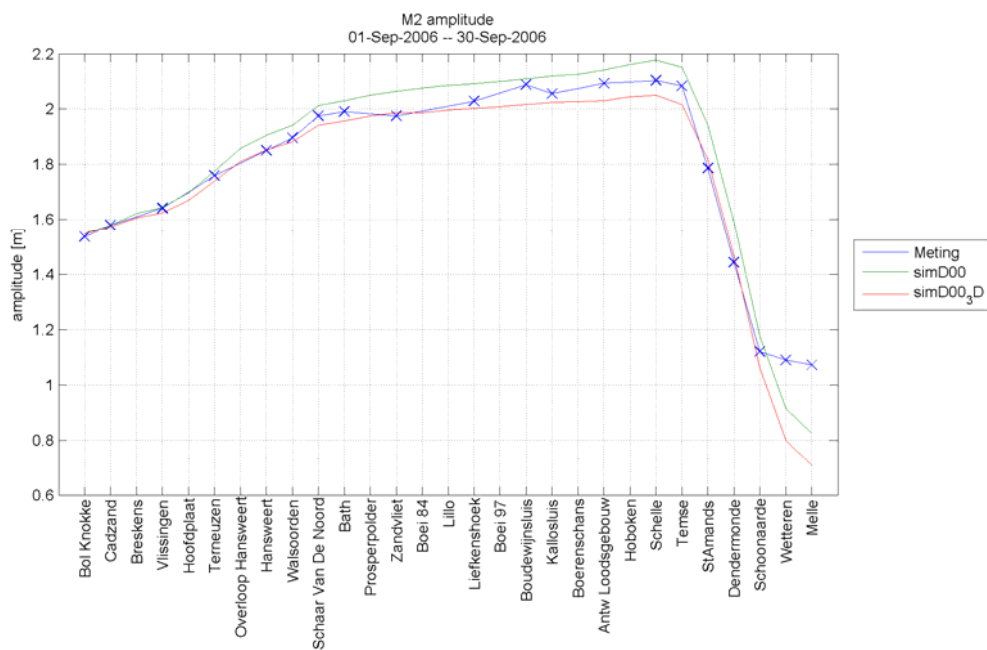
Figuur 78 - Vergelijking van de M6 amplitude de gevoeligheidsanalyse voor drie ruwheidsformuleringen: Chézy ( $C=57 \text{ m}^{1/2} \text{ s}^{-1}$ ), Manning ( $n=0,025 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}^{-1}$ ) en White-Colebrook ( $k_s=0,0685 \text{ m}$ ).



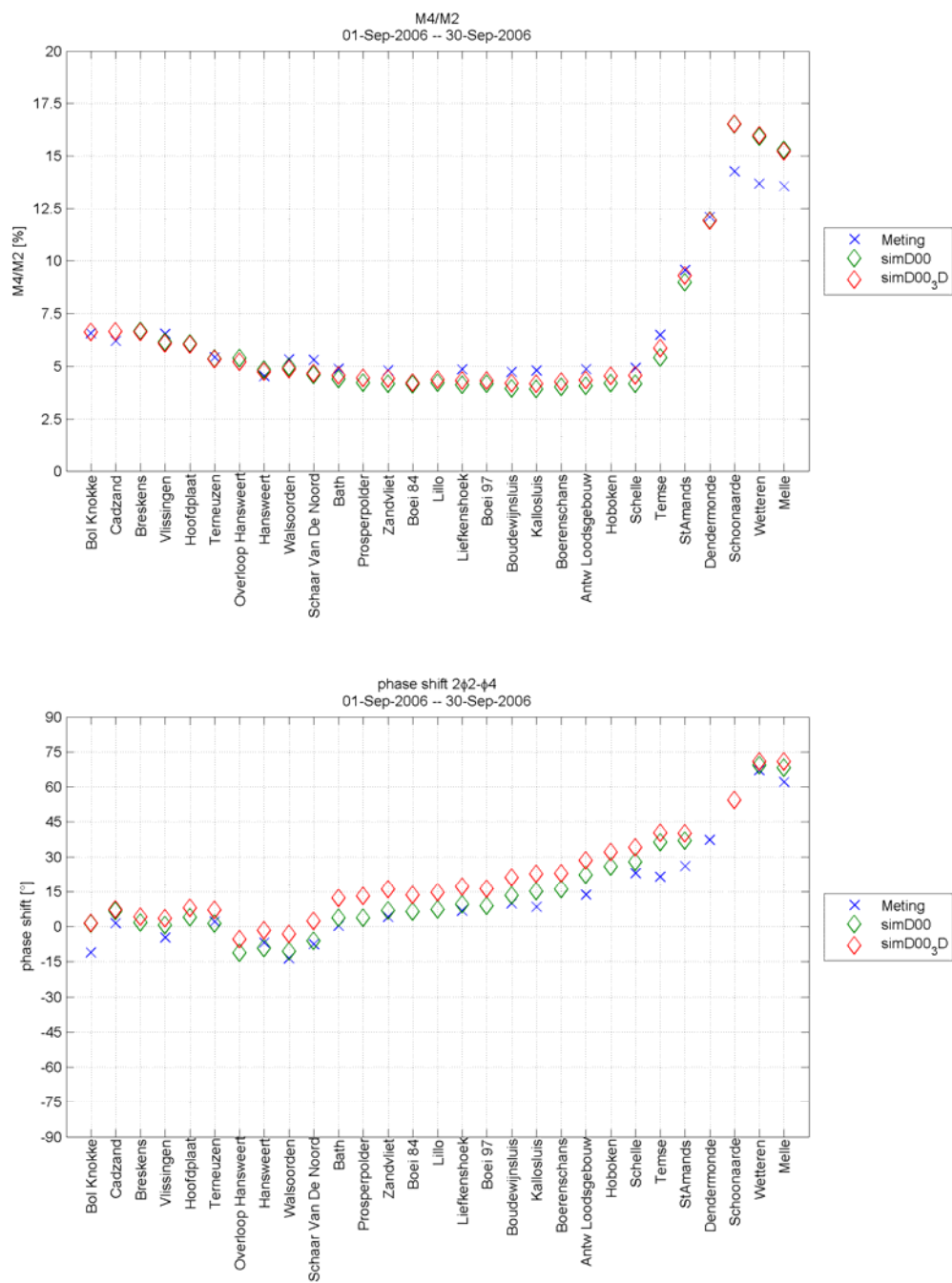
Figuur 79 - Faseverschuiving tussen M2 en M4 (onder) en de M4/M2 amplitudeverhouding (boven) bekomen bij de gevoeligheidsanalyse voor drie ruwheidsformuleringen: Chézy ( $C=57 \text{ m}^{1/2} \text{ s}^{-1}$ ), Manning ( $n=0,025 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}^{-1}$ ) en White-Colebrook ( $k_s=0,0685 \text{ m}$ ).



Figuur 80 - Vergelijking van de Chézy-ruwheid berekend in Delft3D zoals gebruikt bij de gevoeligheidsanalyse. Chézy-coëfficiënten berekend o.b.v. drie ruwheidsformuleringen zijn getoond: Chézy ( $C=57 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{-1}$ ), Manning ( $n=0,025 \text{ m}^{-1/3}\text{s}^{-1}$ ) en White-Colebrook ( $k_s=0,0685 \text{ m}$ ).



Figuur 81 - Invloed van een 2D en 3D-modelopzet op de M2-amplitude



Figuur 82 - Invloed van een 2D en 3D-modelopzet op de faseverschuiving 2M2-M4 en de ratio M4/M2.

## Bijlage B: Statistische parameters

De definitie van de statistische parameters is volledig overgenomen uit Verelst en Manbaliu (2002). In wat volgt zal de referentietijdreeks voorgesteld worden door de  $x$ , en de tijdreeks die hieraan getoetst wordt voorgesteld worden door  $y$ .

Het gemiddelde van de referentietijdreeks en de te toetsen tijdreeks wordt als volgt weergegeven (met  $N$  de grootte van de reeks):

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$

Een eerste statistische parameter is de *bias* of het verschil tussen het gemiddelde van de referentiereeks en de te toetsen reeks. Uit de formulering (vergelijking B.1) volgt dat een positieve waarde voor deze parameter aanduidt dat de te toetsen reeks gemiddeld groter is dan de referentiereeks. Dit betekent dus een overschatting van de referentiereeks. Hoe dichter de waarde van de bias bij nul gelegen is, des te beter wordt de referentiereeks benaderd.

$$BIAS = \bar{y} - \bar{x} \quad (B.1)$$

De *root mean square error* (rmse) of gemiddelde kwadratische afwijking tussen beide reeksen is gegeven door vergelijking B.2:

$$rmse = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2} \quad (B.2)$$

Als de reeksen elkaar beter benaderen, dan zal deze waarde dichter bij nul gelegen zijn.

De *goodness-of-fit* of correlatiecoëfficiënt (formule B.3) duidt aan hoe goed de te toetsen reeks de referentiereeks benadert. Als de waarde van deze statistische parameter gelijk is aan één betekent dit dat er een lineair verband bestaat tussen de te toetsen reeks en de referentiereeks. Is de statistische parameter gelijk aan nul, dan bestaat er geen correlatie tussen de reeksen.

$$gof = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} \quad (B.3)$$



## Bijlage C: Harmonische componenten metingen

	Ampl (m)	error (m)	Phase (°)	error (°)	error (%)	
<b>Antwerpen_HIC</b>					<b>ampl</b>	<b>phase</b>
O1	0.136	0.017	334.389	7.081	12.6	2.1
M2	2.093	0.016	307.762	0.533	0.8	0.2
S2	0.814	0.018	177.419	1.150	2.2	0.6
M4	0.102	0.019	241.839	10.741	18.5	4.4
M6	0.097	0.017	213.803	10.552	17.6	4.9
<b>Antwerpen_HMZC</b>						
O1	0.137	0.020	333.686	8.415	14.8	2.5
M2	2.102	0.016	307.691	0.547	0.8	0.2
S2	0.817	0.017	177.399	1.285	2.1	0.7
M4	0.103	0.017	241.450	10.297	16.3	4.3
M6	0.098	0.019	213.699	9.530	19.9	4.5
<b>Baalhoek_HMCZ</b>						
O1	0.137	0.017	320.532	6.510	12.2	2.0
M2	1.943	0.015	288.852	0.415	0.8	0.1
S2	0.768	0.015	155.233	1.165	1.9	0.8
M4	0.103	0.018	228.232	9.580	17.1	4.2
M6	0.083	0.017	135.539	10.686	20.3	7.9
<b>Bath_HMCZ</b>						
O1	0.138	0.015	323.064	7.073	11.0	2.2
M2	1.991	0.015	293.717	0.436	0.7	0.1
S2	0.784	0.015	161.101	1.088	1.9	0.7
M4	0.097	0.015	227.211	9.459	16.0	4.2
M6	0.090	0.016	152.067	11.463	17.4	7.5
<b>Boom_HIC</b>						
O1	0.114	0.018	5.062	9.050	15.8	178.8
M2	1.656	0.017	352.139	0.693	1.0	0.2
S2	0.594	0.017	228.511	1.576	2.9	0.7
M4	0.236	0.017	298.119	4.567	7.3	1.5
M6	0.049	0.017	328.430	18.479	33.8	5.6
<b>Borssele_HMCZ</b>						
O1	0.138	0.012	306.196	5.316	8.5	1.7
M2	1.720	0.011	268.530	0.417	0.6	0.2
S2	0.698	0.012	130.505	1.073	1.7	0.8
M4	0.098	0.012	181.667	7.887	12.7	4.3
M6	0.071	0.012	27.074	9.824	17.2	36.3
<b>Cadzand_HMCZ</b>						
O1	0.135	0.010	296.663	4.034	7.3	1.4

M2	1.579	0.010	251.629	0.392	0.7	0.2
S2	0.658	0.011	110.939	0.833	1.6	0.8
M4	0.098	0.010	141.782	6.202	10.3	4.4
M6	0.078	0.012	329.734	7.990	15.0	2.4
<b>Hansweert_HMCZ</b>						
O1	0.135	0.014	316.306	5.995	10.1	1.9
M2	1.851	0.017	282.717	0.457	0.9	0.2
S2	0.733	0.013	147.812	1.180	1.7	0.8
M4	0.084	0.014	212.371	10.191	16.5	4.8
M6	0.070	0.014	99.219	12.115	19.5	12.2
<b>Kallo_HIC</b>						
O1	0.136	0.017	329.451	7.916	12.6	2.4
M2	2.055	0.017	300.880	0.538	0.8	0.2
S2	0.806	0.019	169.461	1.188	2.4	0.7
M4	0.098	0.018	233.359	9.278	17.8	4.0
M6	0.103	0.016	187.983	8.363	15.9	4.4
<b>Kallo_HMCZ</b>						
O1	0.137	0.017	328.735	7.139	12.0	2.2
M2	2.087	0.016	301.027	0.518	0.8	0.2
S2	0.817	0.020	169.674	1.318	2.4	0.8
M4	0.099	0.018	233.745	10.824	17.8	4.6
M6	0.103	0.018	187.906	9.972	17.4	5.3
<b>Liefkenshoek_HIC</b>						
O1	0.136	0.017	328.279	6.858	12.8	2.1
M2	2.029	0.016	298.853	0.508	0.8	0.2
S2	0.797	0.017	167.156	1.091	2.1	0.7
M4	0.098	0.017	231.024	9.772	16.8	4.2
M6	0.102	0.018	178.009	9.678	17.3	5.4
<b>Liefkenshoek_HMCZ</b>						
O1	0.136	0.017	326.916	7.515	12.5	2.3
M2	2.046	0.018	298.772	0.450	0.9	0.2
S2	0.803	0.015	167.126	1.154	1.9	0.7
M4	0.099	0.017	229.875	9.610	16.8	4.2
M6	0.101	0.016	177.606	10.443	15.4	5.9
<b>Melle_HIC</b>						
O1	0.094	0.013	43.907	7.873	13.8	17.9
M2	1.072	0.014	58.565	0.690	1.3	1.2
S2	0.378	0.013	299.500	2.158	3.4	0.7
M4	0.145	0.015	55.060	5.671	10.2	10.3
M6	0.029	0.013	146.286	28.744	42.8	19.6
<b>SchaarVanDeNoord_HMCZ</b>						
O1	0.137	0.015	322.000	6.096	10.7	1.9
M2	1.975	0.015	291.488	0.416	0.8	0.1

S2	0.778	0.015	158.435	1.248	2.0	0.8
M4	0.105	0.014	230.578	9.209	13.1	4.0
M6	0.088	0.016	147.074	10.100	18.1	6.9
<b>Schelle_HIC</b>						
O1	0.136	0.018	342.827	8.695	12.9	2.5
M2	2.104	0.019	319.957	0.490	0.9	0.2
S2	0.809	0.020	191.354	1.250	2.4	0.7
M4	0.103	0.019	256.985	9.226	18.6	3.6
M6	0.099	0.018	263.739	9.711	18.4	3.7
<b>Schoonaarde_HIC</b>						
O1	0.075	0.013	358.376	9.486	18.0	2.6
M2	1.121	0.011	14.673	0.653	1.0	4.5
S2	0.488	0.012	272.435	1.475	2.5	0.5
M4	0.160	0.012	336.270	4.296	7.4	1.3
M6	0.049	0.012	22.896	13.218	23.3	57.7
<b>StAmands_HIC</b>						
O1	0.082	0.013	299.117	10.324	16.4	3.5
M2	1.786	0.013	329.710	0.481	0.7	0.1
S2	0.817	0.017	226.696	0.981	2.0	0.4
M4	0.171	0.014	273.389	4.845	8.3	1.8
M6	0.102	0.013	310.111	9.190	12.9	3.0
<b>Temse_HIC</b>						
O1	0.112	0.019	347.341	10.111	17.3	2.9
M2	2.083	0.024	325.644	0.561	1.2	0.2
S2	0.778	0.020	197.881	1.522	2.6	0.8
M4	0.135	0.021	269.770	8.414	15.8	3.1
M6	0.092	0.019	275.357	12.375	20.6	4.5
<b>Terneuzen_HMCZ</b>						
O1	0.137	0.013	309.043	5.383	9.3	1.7
M2	1.759	0.013	272.493	0.448	0.8	0.2
S2	0.709	0.015	135.626	1.073	2.1	0.8
M4	0.095	0.013	182.976	7.293	13.5	4.0
M6	0.073	0.013	48.926	12.276	17.6	25.1
<b>Vlissingen_HMCZ</b>						
O1	0.137	0.010	302.842	4.006	7.4	1.3
M2	1.642	0.012	262.418	0.377	0.7	0.1
S2	0.672	0.011	123.306	0.952	1.6	0.8
M4	0.107	0.012	169.525	6.198	10.9	3.7
M6	0.070	0.012	5.490	9.719	17.5	177.0
<b>Walsoorden_HMCZ</b>						
O1	0.136	0.014	314.739	6.288	10.1	2.0
M2	1.897	0.015	285.309	0.443	0.8	0.2
S2	0.754	0.013	151.946	1.117	1.7	0.7

M4	0.101	0.015	224.237	8.739	14.8	3.9
M6	0.081	0.013	117.837	11.203	16.2	9.5
<b>Westkapelle_HMCZ</b>						
O1	0.140	0.011	296.489	4.299	7.8	1.4
M2	1.454	0.009	255.845	0.379	0.6	0.1
S2	0.599	0.009	115.377	0.985	1.6	0.9
M4	0.116	0.011	147.012	4.829	9.1	3.3
M6	0.073	0.011	336.657	7.470	15.4	2.2
<b>Wetteren_HIC</b>						
O1	0.097	0.012	40.254	8.047	12.4	20.0
M2	1.090	0.013	46.389	0.661	1.2	1.4
S2	0.369	0.012	285.113	2.280	3.3	0.8
M4	0.149	0.013	25.641	5.494	8.7	21.4
M6	0.026	0.012	80.505	28.225	46.7	35.1
<b>Zandvliet_HIC</b>						
O1	0.136	0.017	326.562	6.548	12.4	2.0
M2	1.975	0.015	296.654	0.441	0.8	0.1
S2	0.777	0.015	164.698	1.126	2.0	0.7
M4	0.095	0.015	229.275	9.349	16.2	4.1
M6	0.097	0.017	166.015	9.871	17.5	5.9
<b>Dendermonde_HIC</b>						
O1	0.087	0.014	354.469	10.462	16.6	3.0
M2	1.444	0.015	350.561	0.601	1.1	0.2
S2	0.639	0.014	245.738	1.180	2.2	0.5
M4	0.175	0.013	303.835	4.668	7.2	1.5
M6	0.071	0.016	352.239	11.872	22.4	3.4

## Bijlage D: Harmonische componenten simulaties

	Amplitude [m]							Fase [°]					
Antw Loodsgebouw													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	2.17	0.09	0.85	0.06	0.15	0.1		309	240	181	171	334	227
2	2.16	0.09	0.85	0.06	0.15	0.1		310	240	180	171	334	229
3	2.17	0.08	0.84	0.06	0.15	0.1		310	239	181	171	334	226
4	2.18	0.09	0.84	0.06	0.15	0.1		309	239	181	171	335	227
5	2.16	0.09	0.86	0.06	0.15	0.09		310	239	181	172	335	233
6	2.15	0.09	0.83	0.06	0.15	0.09		310	241	182	172	336	230
7	2.2	0.09	0.83	0.06	0.15	0.09		310	239	182	173	335	229
8	2.13	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		311	239	184	172	336	228
9	2.14	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		311	239	183	173	336	229
10	2.11	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		312	238	183	173	336	228
11	2.12	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		312	237	183	173	335	228
12	2.1	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		312	239	183	173	335	226
13	2.11	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		312	240	182	172	336	228
14	2.1	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		312	239	182	172	335	228
15	2.12	0.09	0.81	0.06	0.15	0.09		311	239	182	172	335	231
16	2.13	0.09	0.84	0.06	0.15	0.1		311	238	181	172	337	228
17	2.08	0.09	0.84	0.06	0.15	0.09		312	239	181	173	335	229
18	2.15	0.09	0.79	0.06	0.15	0.1		310	239	184	172	335	228
19	2.14	0.08	0.82	0.06	0.15	0.1		310	238	182	172	335	228
20	2.04	0.09	0.83	0.06	0.15	0.09		313	239	183	172	335	235
21	2.12	0.08	0.83	0.06	0.15	0		311	238	182	172	338	0
22	2.14	0.09	0.83	0.06	0.1	0		312	238	182	175	214	0
23	2.14	0.09	0.77	0.14	0.1	0		311	240	187	334	227	0
24	2.14	0.09	0.05	0.15	0.1	0		311	239	174	335	222	0
25	2	0.81	0.06	0.15	0.1	0		315	177	172	334	225	0
26	0.1	0.84	0.06	0.15	0.1	0		242	182	171	334	226	0
Bath													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	2.06	0.09	0.82	0.06	0.15	0.09		293	227	162	154	323	161
2	2.05	0.09	0.82	0.06	0.15	0.09		294	227	161	156	323	159
3	2.06	0.09	0.81	0.06	0.15	0.09		294	228	163	156	323	161
4	2.07	0.09	0.81	0.06	0.15	0.09		293	226	163	156	323	161
5	2.04	0.09	0.8	0.06	0.15	0.09		295	226	164	156	323	166
6	2.03	0.09	0.8	0.06	0.15	0.09		295	224	163	156	324	163
7	2.03	0.09	0.8	0.06	0.15	0.09		296	225	163	157	324	162
8	2.03	0.09	0.79	0.06	0.15	0.09		295	226	165	156	324	162
9	2.03	0.09	0.79	0.06	0.15	0.09		295	224	164	157	324	163
10	2	0.09	0.78	0.06	0.15	0.09		297	225	165	157	325	161
11	2.01	0.09	0.79	0.06	0.15	0.09		296	223	164	158	323	161
12	1.99	0.09	0.78	0.06	0.15	0.09		297	225	165	156	323	162
13	2	0.09	0.8	0.06	0.15	0.09		296	225	163	156	323	161
14	1.98	0.09	0.8	0.06	0.15	0.09		297	226	163	156	323	161
15	2.02	0.09	0.81	0.06	0.15	0.09		295	226	162	156	323	165
16	2.03	0.09	0.81	0.06	0.15	0.09		295	228	163	156	325	162
17	2.03	0.09	0.81	0.06	0.15	0.09		294	227	163	157	324	162
18	2.04	0.09	0.76	0.06	0.15	0.09		295	227	165	156	323	161
19	2.03	0.08	0.8	0.06	0.15	0.09		295	226	163	156	323	161
20	1.95	0.09	0.81	0.06	0.15	0.09		297	226	163	156	323	168
21	2.01	0.09	0.81	0.06	0.14	0		295	226	163	156	326	0
22	2.04	0.09	0.8	0.06	0.09	0		296	226	163	159	152	0
23	2.04	0.09	0.75	0.14	0.09	0		295	227	167	323	161	0
24	2.03	0.09	0.05	0.15	0.1	0		295	223	156	323	156	0
25	1.93	0.78	0.06	0.15	0.1	0		299	161	156	322	159	0
26	0.1	0.8	0.06	0.15	0.09	0		227	163	154	323	160	0
Boei 84													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	2.11	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		298	235	168	162	327	183
2	2.1	0.09	0.84	0.06	0.15	0.1		299	235	167	162	327	182
3	2.1	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		299	235	168	163	328	183
4	2.12	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		298	234	169	164	328	183
5	2.09	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		299	234	170	163	328	189
6	2.09	0.08	0.81	0.06	0.15	0.1		300	233	169	163	328	185
7	2.08	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		301	233	169	164	328	184
8	2.07	0.09	0.8	0.06	0.15	0.1		300	233	171	163	329	184
9	2.07	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		300	232	170	164	328	185
10	2.04	0.08	0.8	0.06	0.15	0.1		302	232	171	164	329	184

11	2.05	0.08	0.8	0.06	0.15	0.1		301	230	170	165	328	183
12	2.03	0.09	0.8	0.06	0.15	0.1		302	232	171	164	328	183
13	2.04	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		301	232	170	163	327	183
14	2.03	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		302	233	169	162	327	183
15	2.06	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		301	233	167	163	327	187
16	2.07	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		300	234	169	163	329	184
17	2.07	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		299	234	169	164	328	184
18	2.08	0.09	0.78	0.06	0.15	0.1		300	234	171	163	328	184
19	2.08	0.08	0.81	0.06	0.15	0.1		300	232	169	163	328	183
20	1.99	0.08	0.82	0.06	0.15	0.09		302	233	169	163	328	191
21	2.06	0.08	0.82	0.06	0.15	0		300	234	169	163	330	0
22	2.08	0.08	0.82	0.06	NaN	0		301	233	169	166	NaN	0
23	2.08	0.09	0.76	NaN	0.1	0		300	234	173	NaN	183	0
24	2.08	0.09	NaN	0.15	0.1	0		300	230	NaN	327	178	0
25	1.96	NaN	0.06	0.15	0.1	0		304	NaN	163	327	181	0
26	NaN	0.82	0.06	0.15	0.1	0		NaN	169	162	327	182	0
Boei 97													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	2.13	0.09	0.84	0.06	0.15	0.1		300	236	170	163	328	191
2	2.12	0.09	0.85	0.06	0.15	0.1		301	236	169	163	328	191
3	2.13	0.09	0.84	0.06	0.15	0.1		301	236	170	164	329	191
4	2.14	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		300	235	170	165	329	191
5	2.12	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		301	234	172	164	328	197
6	2.11	0.08	0.82	0.06	0.15	0.1		301	234	171	164	329	193
7	2.11	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		302	234	171	165	329	192
8	2.09	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		302	234	173	165	330	192
9	2.1	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		302	233	172	165	329	193
10	2.07	0.08	0.8	0.06	0.15	0.1		303	233	173	165	330	192
11	2.08	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		303	231	172	166	329	191
12	2.06	0.09	0.8	0.06	0.15	0.11		303	233	173	165	329	190
13	2.07	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		303	233	172	165	328	191
14	2.05	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		303	234	172	163	328	191
15	2.08	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		302	234	170	164	328	195
16	2.08	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		302	235	171	164	330	192
17	2.09	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		301	235	171	165	329	192
18	2.11	0.09	0.78	0.06	0.15	0.1		301	235	173	164	329	192
19	2.1	0.08	0.82	0.06	0.15	0.1		301	233	171	164	329	191
20	2	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		304	234	171	164	329	199
21	2.08	0.08	0.83	0.06	0.15	0		302	234	171	164	332	0
22	2.11	0.09	0.83	0.06	NaN	0		302	234	171	167	NaN	0
23	2.1	0.09	0.77	NaN	0.1	0		302	235	175	NaN	191	0
24	2.1	0.09	NaN	0.15	0.11	0		302	231	NaN	328	186	0
25	1.98	NaN	0.06	0.15	0.11	0		306	NaN	164	328	189	0
26	NaN	0.83	0.06	0.15	0.1	0		NaN	171	163	328	190	0
Boerenschans													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	2.15	0.09	0.85	0.06	0.15	0.1		304	237	175	166	331	206
2	2.14	0.08	0.85	0.06	0.15	0.1		305	236	174	167	331	207
3	2.15	0.08	0.84	0.06	0.15	0.1		305	236	175	167	331	206
4	2.16	0.08	0.84	0.06	0.15	0.1		304	236	175	168	331	206
5	2.14	0.09	0.85	0.06	0.15	0.1		305	235	176	168	331	212
6	2.14	0.08	0.83	0.06	0.15	0.1		305	236	176	168	332	209
7	2.16	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		306	235	176	168	332	208
8	2.12	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		306	235	178	168	332	207
9	2.12	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		306	234	177	169	332	209
10	2.09	0.08	0.81	0.06	0.15	0.1		307	234	177	169	333	207
11	2.1	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		307	233	177	169	332	207
12	2.08	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		307	234	177	169	332	205
13	2.09	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		307	235	177	168	331	207
14	2.08	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		307	235	176	167	331	207
15	2.1	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		307	235	175	168	331	210
16	2.11	0.09	0.84	0.06	0.15	0.1		306	235	175	168	333	207
17	2.09	0.09	0.84	0.06	0.15	0.1		306	236	176	169	332	208
18	2.13	0.09	0.79	0.06	0.15	0.1		306	236	178	168	332	207
19	2.13	0.08	0.82	0.06	0.15	0.1		306	234	176	168	332	207
20	2.02	0.08	0.83	0.06	0.15	0.09		308	235	176	168	331	214
21	2.1	0.08	0.83	0.06	0.15	0		306	235	176	168	334	0
22	2.13	0.08	0.83	0.06	NaN	0		307	235	176	171	NaN	0
23	2.13	0.08	0.77	NaN	0.1	0		306	236	180	NaN	206	0
24	2.13	0.09	NaN	0.15	0.11	0		306	233	NaN	331	201	0
25	2	NaN	0.06	0.15	0.1	0		310	NaN	168	330	204	0
26	NaN	0.83	0.06	0.15	0.1	0		NaN	176	167	331	205	0
Bol Knokke													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	1.55	0.1	0.64	0.06	0.14	0.08		252	143	112	118	296	331
2	1.55	0.1	0.64	0.06	0.14	0.08		252	143	112	118	296	331

3	1.55	0.1	0.64	0.06	0.14	0.08		252	143	112	118	296	331
4	1.55	0.1	0.64	0.06	0.14	0.08		252	143	112	118	296	331
5	1.55	0.1	0.64	0.06	0.14	0.08		252	143	112	118	296	331
6	1.55	0.1	0.64	0.06	0.14	0.08		252	143	112	118	296	331
7	1.55	0.1	0.64	0.06	0.14	0.08		252	143	112	119	296	331
8	1.55	0.1	0.64	0.06	0.14	0.08		252	143	112	118	296	331
9	1.55	0.1	0.64	0.06	0.14	0.08		252	143	112	118	296	331
10	1.55	0.1	0.64	0.06	0.14	0.08		252	143	112	118	296	331
11	1.55	0.1	0.64	0.06	0.14	0.08		252	143	112	118	296	331
12	1.55	0.1	0.64	0.06	0.14	0.08		252	143	112	118	296	331
13	1.55	0.1	0.64	0.06	0.14	0.08		252	143	112	118	296	331
14	1.55	0.1	0.64	0.06	0.14	0.08		252	143	112	118	296	331
15	1.55	0.1	0.64	0.06	0.14	0.08		252	143	112	118	296	331
16	1.55	0.1	0.64	0.06	0.14	0.08		252	143	112	118	296	331
17	1.55	0.1	0.64	0.06	0.14	0.08		252	143	112	118	296	331
18	1.55	0.1	0.64	0.06	0.14	0.08		252	143	112	118	296	331
19	1.55	0.1	0.64	0.06	0.14	0.08		252	143	112	118	296	331
20	1.55	0.1	0.64	0.06	0.14	0.08		252	143	112	118	296	331
21	1.55	0.1	0.64	0.06	0.14	0		252	143	112	118	296	0
22	1.55	0.1	0.64	0.06	0.07	0		252	143	112	118	323	0
23	1.55	0.1	0.64	0.14	0.08	0		252	143	112	297	331	0
24	1.55	0.1	0.06	0.14	0.08	0		252	143	119	296	331	0
25	1.55	0.64	0.06	0.14	0.08	0		252	109	118	296	331	0
26	0.1	0.64	0.06	0.14	0.08	0		152	112	118	296	331	0
Boudewijnslois													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	2.14	0.09	0.84	0.06	0.15	0.1		301	234	171	163	328	193
2	2.13	0.08	0.85	0.06	0.15	0.1		302	233	171	164	329	194
3	2.14	0.08	0.84	0.06	0.15	0.1		302	233	171	164	329	194
4	2.15	0.08	0.84	0.06	0.15	0.1		301	233	172	165	329	194
5	2.13	0.08	0.84	0.06	0.15	0.1		302	232	173	165	329	200
6	2.12	0.08	0.83	0.06	0.15	0.1		302	233	172	164	330	196
7	2.13	0.08	0.83	0.06	0.15	0.1		303	231	172	165	329	195
8	2.1	0.08	0.81	0.06	0.15	0.1		303	232	174	165	330	195
9	2.11	0.08	0.82	0.06	0.15	0.1		303	230	173	166	330	196
10	2.08	0.08	0.81	0.06	0.15	0.1		304	231	174	165	330	195
11	2.09	0.08	0.81	0.06	0.15	0.1		304	229	173	166	330	194
12	2.07	0.08	0.81	0.06	0.15	0.11		304	231	174	165	329	194
13	2.08	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		304	231	173	165	329	194
14	2.06	0.08	0.82	0.06	0.15	0.1		304	232	173	164	329	194
15	2.09	0.08	0.82	0.06	0.15	0.1		304	232	171	164	329	198
16	2.09	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		303	232	172	164	331	195
17	2.09	0.08	0.83	0.06	0.15	0.1		302	233	172	166	329	195
18	2.12	0.08	0.78	0.06	0.15	0.1		303	232	175	165	329	195
19	2.11	0.08	0.82	0.06	0.15	0.1		303	230	173	165	329	194
20	2.01	0.08	0.83	0.06	0.15	0.1		305	231	173	165	329	202
21	2.09	0.08	0.83	0.06	0.15	0		303	231	173	165	332	0
22	2.12	0.08	0.83	0.06	0.1	0		303	232	172	168	182	0
23	2.11	0.08	0.77	0.14	0.1	0		303	233	177	329	194	0
24	2.11	0.09	0.05	0.15	0.11	0		303	229	164	329	189	0
25	1.99	0.82	0.06	0.15	0.11	0		307	169	164	328	192	0
26	0.1	0.83	0.06	0.15	0.1	0		231	172	163	328	193	0
Breskens													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	1.65	0.11	0.66	0.06	0.14	0.07		260	163	123	127	302	9
2	1.62	0.11	0.66	0.06	0.14	0.07		262	162	123	127	302	9
3	1.62	0.11	0.66	0.06	0.14	0.07		262	161	123	127	302	8
4	1.62	0.11	0.66	0.06	0.14	0.07		262	161	123	126	302	8
5	1.62	0.11	0.66	0.06	0.14	0.07		262	161	123	126	302	13
6	1.62	0.11	0.66	0.06	0.14	0.07		262	161	123	126	304	7
7	1.62	0.11	0.66	0.06	0.14	0.08		262	161	123	128	302	8
8	1.62	0.11	0.64	0.06	0.14	0.08		262	161	125	126	302	9
9	1.62	0.1	0.66	0.06	0.14	0.07		262	160	122	126	302	9
10	1.59	0.11	0.66	0.06	0.14	0.07		264	160	122	126	302	9
11	1.62	0.11	0.66	0.06	0.14	0.07		261	160	122	126	302	8
12	1.62	0.11	0.66	0.06	0.14	0.07		261	161	122	126	302	8
13	1.62	0.11	0.66	0.06	0.14	0.07		261	161	123	126	302	9
14	1.62	0.11	0.66	0.06	0.14	0.07		261	161	123	127	302	9
15	1.62	0.11	0.66	0.06	0.14	0.07		262	161	123	126	302	9
16	1.62	0.11	0.66	0.06	0.14	0.07		262	162	123	126	302	9
17	1.62	0.11	0.66	0.06	0.14	0.07		262	161	123	127	302	9
18	1.62	0.11	0.65	0.06	0.14	0.07		262	161	123	127	302	9
19	1.62	0.1	0.66	0.06	0.14	0.07		262	162	123	127	302	9
20	1.6	0.11	0.66	0.06	0.14	0.07		262	161	123	127	302	11
21	1.62	0.11	0.66	0.06	0.14	0		262	161	123	127	303	0
22	1.62	0.11	0.66	0.06	NaN	0		262	161	123	127	NaN	0
23	1.62	0.11	0.65	NaN	0.07	0		262	161	124	NaN	8	0
24	1.62	0.1	NaN	0.14	0.08	0		262	159	NaN	302	4	0

25	1.6	NaN	0.06	0.14	0.07	0		262	NaN	126	300	10	0
26	NaN	0.66	0.06	0.14	0.07	0		NaN	123	124	302	8	0
Cadzand													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	1.59	0.1	0.65	0.06	0.14	0.08		253	140	113	119	297	338
2	1.58	0.1	0.65	0.06	0.14	0.08		253	140	113	119	297	338
3	1.58	0.1	0.65	0.06	0.14	0.08		253	140	113	119	297	338
4	1.58	0.1	0.65	0.06	0.14	0.08		253	140	113	119	297	338
5	1.58	0.11	0.65	0.06	0.14	0.08		253	140	113	119	297	339
6	1.58	0.11	0.65	0.06	0.14	0.08		253	140	113	119	297	338
7	1.58	0.1	0.65	0.06	0.14	0.08		253	140	113	120	297	338
8	1.58	0.11	0.65	0.06	0.14	0.08		253	140	114	119	297	338
9	1.58	0.1	0.65	0.06	0.14	0.08		253	139	113	119	297	338
10	1.57	0.11	0.65	0.06	0.14	0.08		254	140	113	119	297	338
11	1.58	0.11	0.65	0.06	0.14	0.08		253	140	113	119	297	338
12	1.58	0.11	0.65	0.06	0.14	0.08		253	140	113	119	297	338
13	1.58	0.11	0.65	0.06	0.14	0.08		253	140	113	119	297	338
14	1.58	0.1	0.65	0.06	0.14	0.08		253	140	113	119	297	338
15	1.58	0.1	0.65	0.06	0.14	0.08		253	140	113	119	297	338
16	1.58	0.1	0.65	0.06	0.14	0.08		253	140	113	119	297	338
17	1.58	0.1	0.65	0.06	0.14	0.08		253	140	113	120	297	339
18	1.58	0.1	0.65	0.06	0.14	0.08		253	140	113	119	297	338
19	1.58	0.1	0.65	0.06	0.14	0.08		253	141	113	119	297	338
20	1.58	0.1	0.65	0.06	0.14	0.08		253	140	113	119	297	339
21	1.58	0.1	0.65	0.06	0.14	0		253	140	113	119	297	0
22	1.57	0.1	0.65	0.06	0.08	0		254	140	113	120	330	0
23	1.58	0.11	0.65	0.14	0.08	0		254	140	113	297	338	0
24	1.58	0.1	0.06	0.14	0.08	0		253	140	120	297	337	0
25	1.57	0.66	0.06	0.14	0.08	0		254	111	119	297	338	0
26	0.1	0.65	0.06	0.14	0.08	0		142	113	119	297	338	0
Dendermonde													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	1.6	0.19	0.58	0.03	0.11	0.06		359	317	236	208	10	13
2	1.6	0.19	0.59	0.03	0.11	0.06		360	316	236	209	10	12
3	1.6	0.19	0.58	0.03	0.11	0.06		360	315	237	210	8	11
4	1.61	0.19	0.58	0.03	0.12	0.05		360	317	237	206	7	14
5	1.6	0.19	0.6	0.03	0.11	0.05		0	317	234	207	11	18
6	1.6	0.2	0.62	0.03	0.11	0.05		0	315	233	210	11	15
7	1.65	0.19	0.58	0.03	0.11	0.06		358	311	238	209	10	14
8	1.7	0.19	0.57	0.03	0.11	0.06		357	318	239	209	11	14
9	1.59	0.19	0.57	0.03	0.11	0.06		1	320	238	212	11	15
10	1.58	0.19	0.57	0.03	0.11	0.06		2	318	238	213	11	14
11	1.58	0.19	0.57	0.03	0.11	0.06		1	318	238	213	11	14
12	1.57	0.19	0.57	0.03	0.11	0.05		2	319	238	212	11	15
13	1.58	0.19	0.57	0.03	0.11	0.05		1	319	238	211	13	16
14	1.57	0.19	0.57	0.03	0.1	0.06		2	318	237	214	13	13
15	1.58	0.19	0.55	0.03	0.11	0.06		1	318	240	215	10	20
16	1.58	0.18	0.54	0.03	0.11	0.06		1	320	241	210	12	15
17	1.53	0.18	0.58	0.04	0.11	0.05		3	323	237	210	11	16
18	1.49	0.19	0.56	0.03	0.11	0.05		4	317	238	211	12	15
19	1.59	0.17	0.57	0.03	0.11	0.06		0	316	237	212	11	14
20	1.56	0.19	0.57	0.03	0.11	0.05		2	318	239	211	10	24
21	1.58	0.19	0.57	0.03	0.11	0		1	319	238	211	16	0
22	1.58	0.19	0.58	0.03	0.07	0		2	318	237	219	352	0
23	1.58	0.19	0.52	0.09	0.06	0		2	318	244	354	13	0
24	1.59	0.18	0.06	0.11	0.06	0		1	328	223	10	9	0
25	1.45	0.64	0.03	0.11	0.06	0		7	246	210	10	12	0
26	0.17	0.58	0.03	0.11	0.06	0		304	237	211	10	12	0
Hansweert													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	1.94	0.1	0.78	0.06	0.14	0.07		282	217	148	146	315	106
2	1.93	0.1	0.77	0.06	0.14	0.08		283	218	150	145	315	107
3	1.93	0.09	0.76	0.06	0.14	0.07		283	219	150	145	315	107
4	1.92	0.09	0.76	0.06	0.14	0.08		284	217	149	145	315	107
5	1.91	0.09	0.76	0.06	0.14	0.07		284	217	150	145	315	112
6	1.91	0.09	0.76	0.06	0.14	0.07		284	215	149	145	317	108
7	1.9	0.09	0.76	0.06	0.14	0.07		284	216	149	147	316	108
8	1.9	0.09	0.74	0.06	0.14	0.07		284	217	152	146	317	107
9	1.91	0.09	0.75	0.06	0.14	0.08		284	215	151	147	316	105
10	1.87	0.09	0.74	0.06	0.14	0.08		286	216	152	146	315	107
11	1.88	0.09	0.75	0.06	0.14	0.07		285	214	151	144	315	107
12	1.86	0.09	0.76	0.06	0.14	0.07		286	215	148	145	315	106
13	1.87	0.1	0.76	0.06	0.14	0.08		285	214	149	145	315	106
14	1.89	0.09	0.76	0.06	0.14	0.08		283	217	149	145	315	106
15	1.9	0.09	0.77	0.06	0.14	0.07		284	217	149	145	315	110
16	1.91	0.09	0.76	0.06	0.14	0.07		284	218	149	145	317	107



17	1.91	0.09	0.76	0.06	0.14	0.07		283	217	149	146	316	106
18	1.91	0.09	0.73	0.06	0.14	0.07		284	217	151	145	315	106
19	1.91	0.08	0.75	0.06	0.14	0.08		284	218	150	145	315	106
20	1.84	0.09	0.77	0.06	0.14	0.07		286	217	149	145	315	111
21	1.89	0.09	0.76	0.06	0.14	0		284	217	149	145	318	0
22	1.92	0.09	0.76	0.06	0.07	0		284	217	149	147	99	0
23	1.91	0.09	0.72	0.13	0.07	0		284	217	153	316	106	0
24	1.91	0.08	0.05	0.14	0.08	0		284	213	146	315	101	0
25	1.83	0.73	0.06	0.14	0.08	0		287	148	145	314	105	0
26	0.08	0.76	0.06	0.14	0.08	0		212	149	143	315	106	0
Hoboken													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	2.19	0.09	0.85	0.06	0.15	0.1		315	247	187	175	338	250
2	2.18	0.09	0.86	0.06	0.15	0.1		315	246	186	175	338	252
3	2.19	0.09	0.85	0.06	0.15	0.09		315	245	187	176	336	250
4	2.2	0.09	0.85	0.06	0.15	0.09		315	246	187	174	339	250
5	2.18	0.09	0.88	0.06	0.15	0.09		315	245	185	176	339	256
6	2.17	0.09	0.83	0.06	0.15	0.09		315	248	188	176	339	253
7	2.25	0.09	0.84	0.06	0.15	0.09		314	246	188	177	339	252
8	2.15	0.09	0.83	0.06	0.15	0.09		317	246	189	176	339	252
9	2.16	0.09	0.83	0.06	0.15	0.09		316	246	189	177	339	253
10	2.13	0.09	0.82	0.06	0.15	0.09		318	245	189	177	340	251
11	2.14	0.09	0.82	0.06	0.15	0.09		317	245	188	178	339	251
12	2.12	0.09	0.82	0.06	0.15	0.09		317	246	189	177	339	249
13	2.13	0.09	0.83	0.06	0.14	0.1		317	247	188	176	340	250
14	2.12	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		317	246	188	178	338	250
15	2.14	0.09	0.8	0.06	0.15	0.09		317	246	190	176	338	254
16	2.15	0.09	0.85	0.06	0.15	0.09		316	245	187	176	340	251
17	2.06	0.09	0.84	0.06	0.15	0.09		318	246	187	177	339	252
18	2.17	0.09	0.79	0.06	0.15	0.09		315	246	190	176	339	251
19	2.16	0.08	0.83	0.06	0.15	0.1		316	245	188	177	339	251
20	2.05	0.09	0.83	0.06	0.15	0.09		319	245	189	176	338	258
21	2.14	0.09	0.83	0.06	0.14	0		316	245	188	176	342	0
22	2.15	0.09	0.84	0.06	NaN	0		317	245	188	180	NaN	0
23	2.15	0.09	0.77	NaN	0.1	0		317	246	193	NaN	250	0
24	2.16	0.1	NaN	0.15	0.1	0		316	247	NaN	338	245	0
25	2.01	NaN	0.06	0.15	0.1	0		321	NaN	176	338	248	0
26	NaN	0.84	0.06	0.15	0.1	0		NaN	188	175	338	249	0
Hoofdplaat													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	1.73	0.11	0.69	0.06	0.14	0.08		266	171	131	132	306	35
2	1.71	0.1	0.69	0.06	0.14	0.08		266	173	131	132	306	36
3	1.7	0.1	0.69	0.06	0.14	0.08		268	172	131	132	306	35
4	1.7	0.1	0.69	0.06	0.14	0.08		268	172	130	132	306	35
5	1.7	0.1	0.69	0.06	0.14	0.07		268	172	131	132	306	41
6	1.7	0.1	0.69	0.06	0.14	0.07		268	171	130	132	307	37
7	1.7	0.1	0.69	0.05	0.14	0.08		268	172	130	134	307	33
8	1.7	0.1	0.67	0.06	0.14	0.08		268	172	133	133	305	35
9	1.7	0.1	0.68	0.06	0.14	0.08		268	171	132	131	306	37
10	1.66	0.1	0.68	0.06	0.14	0.08		270	172	130	132	306	35
11	1.68	0.11	0.69	0.06	0.14	0.08		270	169	130	132	306	35
12	1.69	0.1	0.69	0.06	0.14	0.08		268	171	130	132	306	35
13	1.69	0.11	0.69	0.06	0.14	0.08		268	172	130	132	306	35
14	1.69	0.1	0.69	0.06	0.14	0.08		268	172	130	132	306	35
15	1.7	0.1	0.69	0.06	0.14	0.08		268	172	130	132	306	36
16	1.7	0.1	0.69	0.06	0.14	0.08		268	172	130	132	307	35
17	1.7	0.1	0.69	0.06	0.14	0.08		268	172	130	132	306	36
18	1.7	0.1	0.67	0.06	0.14	0.08		268	172	131	132	306	35
19	1.7	0.1	0.68	0.06	0.14	0.08		268	173	131	132	306	35
20	1.67	0.1	0.69	0.06	0.14	0.08		269	172	131	132	306	38
21	1.69	0.1	0.69	0.06	0.14	0		268	171	131	132	307	0
22	1.7	0.1	0.69	0.05	NaN	0		268	171	130	133	NaN	0
23	1.7	0.1	0.67	NaN	0.08	0		268	171	132	NaN	35	0
24	1.7	0.1	NaN	0.14	0.08	0		268	169	NaN	306	31	0
25	1.66	NaN	0.06	0.14	0.08	0		269	NaN	132	304	34	0
26	NaN	0.69	0.06	0.14	0.08	0		NaN	130	130	305	36	0
Kallosluis													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	2.15	0.09	0.85	0.06	0.15	0.1		302	234	173	164	329	198
2	2.14	0.08	0.85	0.06	0.15	0.1		303	234	172	165	329	200
3	2.15	0.08	0.84	0.06	0.15	0.1		303	234	173	165	330	198
4	2.16	0.08	0.84	0.06	0.15	0.1		302	233	173	166	330	199
5	2.14	0.08	0.84	0.06	0.15	0.1		303	233	174	166	330	205
6	2.13	0.08	0.83	0.06	0.15	0.1		303	233	174	166	331	201
7	2.14	0.08	0.83	0.06	0.15	0.1		304	232	174	166	330	200
8	2.11	0.08	0.82	0.06	0.15	0.1		304	232	176	166	331	200

9	2.12	0.08	0.82	0.06	0.15	0.1		304	231	175	167	331	201
10	2.09	0.08	0.81	0.06	0.15	0.1		306	231	175	167	331	200
11	2.1	0.08	0.82	0.06	0.15	0.1		305	230	175	167	331	199
12	2.08	0.08	0.81	0.06	0.15	0.11		306	231	175	166	330	198
13	2.09	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		305	232	174	166	330	199
14	2.07	0.08	0.83	0.06	0.15	0.1		305	232	174	165	330	199
15	2.1	0.08	0.82	0.06	0.15	0.1		305	233	173	165	330	203
16	2.1	0.09	0.84	0.06	0.15	0.1		304	233	173	166	332	200
17	2.1	0.08	0.84	0.06	0.15	0.1		303	233	173	167	330	200
18	2.13	0.08	0.79	0.06	0.15	0.1		304	233	176	166	330	200
19	2.12	0.08	0.82	0.06	0.15	0.1		304	231	174	166	330	200
20	2.02	0.08	0.83	0.06	0.15	0.1		306	232	174	166	330	207
21	2.1	0.08	0.83	0.06	0.15	0		304	232	174	166	333	0
22	2.12	0.08	0.83	0.06	0.1	0		305	232	174	169	188	0
23	2.12	0.08	0.77	0.14	0.1	0		304	233	178	329	199	0
24	2.12	0.09	0.06	0.15	0.11	0		304	230	169	330	194	0
25	2	0.81	0.06	0.15	0.11	0		308	169	166	329	197	0
26	0.1	0.83	0.06	0.15	0.1	0		233	174	165	329	198	0
Liefkenshoek													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	2.12	0.09	0.84	0.06	0.15	0.1		299	234	169	162	327	187
2	2.11	0.09	0.84	0.06	0.15	0.1		300	234	168	162	327	188
3	2.12	0.08	0.83	0.06	0.15	0.1		300	234	169	163	329	187
4	2.13	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		299	233	169	164	328	188
5	2.11	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		300	232	171	163	328	193
6	2.11	0.08	0.82	0.06	0.15	0.1		300	232	170	163	329	190
7	2.1	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		302	232	170	164	328	189
8	2.08	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		301	232	172	164	329	189
9	2.09	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		301	231	171	164	329	190
10	2.06	0.08	0.8	0.06	0.15	0.1		303	231	172	164	329	188
11	2.07	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		302	229	171	165	329	188
12	2.05	0.09	0.8	0.06	0.15	0.11		303	231	172	164	328	187
13	2.06	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		302	231	171	164	327	188
14	2.05	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		303	232	171	162	328	188
15	2.07	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		302	232	169	163	328	192
16	2.08	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		302	233	170	163	330	189
17	2.09	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		300	233	170	165	328	189
18	2.1	0.09	0.78	0.06	0.15	0.1		301	233	172	164	328	188
19	2.09	0.08	0.81	0.06	0.15	0.1		301	231	171	164	328	188
20	2	0.08	0.83	0.06	0.15	0.1		303	232	171	163	328	196
21	2.07	0.08	0.83	0.06	0.15	0		301	232	170	163	331	0
22	2.1	0.08	0.82	0.06	0.1	0		302	232	170	166	178	0
23	2.1	0.09	0.77	0.14	0.1	0		301	233	175	328	188	0
24	2.09	0.09	0.05	0.15	0.11	0		301	229	167	328	183	0
25	1.98	0.8	0.06	0.15	0.11	0		305	167	163	327	186	0
26	0.1	0.82	0.06	0.15	0.1	0		231	170	162	327	187	0
Lillo													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	2.11	0.09	0.84	0.06	0.15	0.1		299	236	169	162	328	188
2	2.11	0.09	0.84	0.06	0.15	0.1		300	236	168	163	328	188
3	2.11	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		300	236	169	163	329	188
4	2.13	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		299	235	169	165	328	188
5	2.1	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		300	235	171	164	328	194
6	2.1	0.08	0.82	0.06	0.15	0.1		300	234	170	164	329	190
7	2.1	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		302	234	170	165	329	189
8	2.08	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		301	234	172	164	329	189
9	2.08	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		301	233	171	165	329	190
10	2.05	0.09	0.8	0.06	0.15	0.1		303	233	172	165	330	189
11	2.06	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		302	231	171	166	329	188
12	2.04	0.09	0.8	0.06	0.15	0.11		303	233	172	165	329	187
13	2.05	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		302	234	171	164	328	188
14	2.04	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		303	234	171	163	328	188
15	2.07	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		302	234	169	164	328	192
16	2.07	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		302	235	170	164	330	189
17	2.08	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		300	235	170	165	329	189
18	2.09	0.09	0.78	0.06	0.15	0.1		301	235	172	164	328	189
19	2.09	0.08	0.81	0.06	0.15	0.1		301	233	171	164	328	188
20	1.99	0.09	0.82	0.06	0.15	0.09		303	234	171	164	328	196
21	2.07	0.09	0.82	0.06	0.15	0		301	234	170	164	331	0
22	2.09	0.09	0.82	0.06	NaN	0		302	235	170	167	NaN	0
23	2.09	0.09	0.77	NaN	0.1	0		301	235	175	NaN	188	0
24	2.09	0.09	NaN	0.15	0.11	0		301	231	NaN	328	183	0
25	1.97	NaN	0.06	0.15	0.1	0		305	NaN	164	327	186	0
26	NaN	0.82	0.06	0.15	0.1	0		NaN	170	163	328	187	0
Melle													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6

1	0.83	0.13	0.29	0.02	0.08	0.02		74	82	315	287	62	150
2	0.83	0.13	0.29	0.02	0.08	0.02		75	82	314	288	62	147
3	0.83	0.13	0.29	0.02	0.08	0.02		75	81	315	288	61	143
4	0.83	0.13	0.29	0.02	0.09	0.02		75	82	315	287	53	151
5	0.83	0.13	0.3	0.03	0.08	0.02		75	82	313	277	63	154
6	0.83	0.13	0.36	0.02	0.08	0.02		75	80	305	289	63	152
7	0.85	0.16	0.29	0.02	0.08	0.02		74	70	316	287	63	151
8	1.03	0.13	0.29	0.02	0.08	0.02		66	84	317	287	64	151
9	0.83	0.13	0.29	0.02	0.08	0.02		76	86	316	291	64	153
10	0.82	0.13	0.28	0.02	0.08	0.02		77	84	316	292	64	152
11	0.82	0.13	0.29	0.02	0.08	0.02		77	84	316	292	63	151
12	0.81	0.13	0.29	0.02	0.08	0.02		77	84	316	291	63	155
13	0.82	0.13	0.29	0.02	0.08	0.01		76	85	316	290	65	164
14	0.82	0.13	0.29	0.02	0.07	0.02		77	84	316	291	72	150
15	0.82	0.13	0.28	0.02	0.08	0.02		76	84	317	301	63	168
16	0.82	0.12	0.24	0.02	0.09	0.02		76	86	324	290	60	152
17	0.8	0.1	0.29	0.03	0.08	0.02		78	96	315	279	63	153
18	0.68	0.13	0.32	0.02	0.08	0.02		84	82	312	289	64	152
19	0.83	0.13	0.29	0.02	0.08	0.02		75	78	315	291	63	153
20	0.93	0.13	0.29	0.02	0.08	0.01		72	83	317	290	64	168
21	0.83	0.13	0.29	0.02	0.07	0		76	85	316	290	71	0
22	0.82	0.13	0.29	0.02	0.03	0		77	84	316	299	146	0
23	0.82	0.12	0.24	0.09	0.02	0		77	84	325	44	151	0
24	0.81	0.11	0.03	0.08	0.02	0		77	98	221	63	148	0
25	0.7	0.38	0.02	0.08	0.02	0		85	299	290	63	149	0
26	0.15	0.29	0.02	0.08	0.02	0		55	315	292	63	149	0
Overloop Hansweert													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	1.89	0.11	0.75	0.06	0.14	0.07		279	213	146	145	315	97
2	1.88	0.1	0.75	0.06	0.14	0.07		280	215	147	145	314	98
3	1.88	0.1	0.74	0.06	0.14	0.07		280	215	146	145	315	97
4	1.87	0.1	0.74	0.06	0.14	0.07		281	213	146	145	314	97
5	1.86	0.1	0.74	0.06	0.14	0.07		281	213	146	145	314	103
6	1.86	0.1	0.74	0.06	0.14	0.07		281	212	146	145	316	99
7	1.86	0.1	0.74	0.06	0.14	0.07		281	213	146	146	315	98
8	1.86	0.1	0.72	0.06	0.14	0.07		281	213	149	146	316	96
9	1.86	0.09	0.73	0.06	0.14	0.08		281	212	148	146	315	96
10	1.82	0.09	0.72	0.06	0.14	0.07		283	213	148	145	314	97
11	1.84	0.09	0.73	0.06	0.14	0.07		282	212	147	144	314	97
12	1.82	0.1	0.74	0.06	0.14	0.07		283	211	145	145	314	96
13	1.84	0.1	0.74	0.06	0.14	0.07		282	211	146	145	314	96
14	1.85	0.1	0.74	0.06	0.14	0.07		280	213	146	145	314	97
15	1.86	0.1	0.75	0.06	0.14	0.07		281	213	146	145	314	100
16	1.86	0.1	0.74	0.06	0.14	0.07		281	214	146	145	316	97
17	1.86	0.1	0.74	0.06	0.14	0.07		281	213	146	146	315	96
18	1.86	0.1	0.71	0.06	0.14	0.07		281	213	148	145	314	96
19	1.86	0.09	0.74	0.06	0.14	0.07		281	214	147	145	314	97
20	1.8	0.1	0.75	0.06	0.14	0.07		283	213	146	145	314	100
21	1.84	0.1	0.74	0.06	0.14	0		281	214	146	145	316	0
22	1.87	0.1	0.74	0.06	NaN	0		281	213	146	146	NaN	0
23	1.86	0.1	0.71	NaN	0.07	0		281	213	149	NaN	97	0
24	1.86	0.09	NaN	0.14	0.08	0		281	210	NaN	314	91	0
25	1.79	NaN	0.06	0.14	0.08	0		284	NaN	145	313	95	0
26	NaN	0.74	0.06	0.14	0.07	0		NaN	146	143	314	98	0
Prosperpolder													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	2.08	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		296	232	165	159	325	174
2	2.07	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		296	232	164	159	326	172
3	2.08	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		296	233	165	161	326	173
4	2.09	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		296	232	166	161	326	173
5	2.07	0.09	0.81	0.06	0.15	0.09		297	231	167	160	326	179
6	2.06	0.08	0.81	0.06	0.15	0.09		298	230	166	160	327	175
7	2.05	0.09	0.81	0.06	0.15	0.09		298	230	166	161	326	175
8	2.04	0.09	0.79	0.06	0.15	0.1		297	231	168	161	327	174
9	2.05	0.08	0.8	0.06	0.15	0.1		297	229	167	161	327	175
10	2.02	0.08	0.79	0.06	0.15	0.1		299	230	168	161	327	174
11	2.03	0.08	0.79	0.06	0.15	0.1		299	228	167	162	326	173
12	2.01	0.09	0.79	0.06	0.15	0.1		299	229	168	161	325	174
13	2.02	0.09	0.8	0.06	0.15	0.1		299	230	167	160	325	173
14	2	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		299	230	166	160	326	173
15	2.03	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		298	231	165	160	326	177
16	2.05	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		297	232	166	160	327	174
17	2.05	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		296	232	166	161	326	174
18	2.06	0.09	0.77	0.06	0.15	0.1		297	231	168	161	326	174
19	2.05	0.08	0.8	0.06	0.15	0.1		297	230	166	160	326	174
20	1.96	0.08	0.81	0.06	0.15	0.09		299	231	166	160	326	181
21	2.03	0.08	0.81	0.06	0.14	0		298	231	166	160	328	0
22	2.06	0.09	0.81	0.06	NaN	0		298	231	166	163	NaN	0

23	2.06	0.09	0.76	NaN	0.1	0		298	232	170	NaN	173	0
24	2.05	0.09	NaN	0.15	0.1	0		298	227	NaN	326	168	0
25	1.94	NaN	0.06	0.15	0.1	0		301	NaN	160	325	171	0
26	NaN	0.81	0.06	0.15	0.1	0		NaN	166	159	325	172	0
Schaar Van De Noord													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	2.04	0.1	0.81	0.06	0.15	0.09		291	232	159	153	322	153
2	2.03	0.09	0.82	0.06	0.15	0.09		291	233	158	155	322	152
3	2.04	0.09	0.8	0.06	0.15	0.09		292	233	160	155	322	153
4	2.05	0.09	0.8	0.06	0.15	0.09		291	232	160	155	322	153
5	2.02	0.09	0.8	0.06	0.15	0.09		293	231	161	155	322	159
6	2.01	0.09	0.8	0.06	0.15	0.09		293	230	160	155	323	155
7	2.01	0.09	0.8	0.06	0.15	0.09		293	231	160	156	323	155
8	2.01	0.09	0.78	0.06	0.15	0.09		293	231	162	155	323	154
9	2.01	0.09	0.79	0.06	0.14	0.09		293	229	161	156	323	156
10	1.98	0.09	0.77	0.06	0.14	0.09		294	230	162	156	323	153
11	1.99	0.09	0.78	0.06	0.15	0.09		294	228	161	156	322	153
12	1.97	0.09	0.77	0.06	0.15	0.09		294	230	162	154	322	154
13	1.98	0.09	0.79	0.06	0.15	0.09		294	229	160	155	322	153
14	1.97	0.09	0.8	0.06	0.15	0.09		294	231	160	154	322	153
15	2	0.09	0.8	0.06	0.15	0.09		292	231	159	155	322	158
16	2.01	0.1	0.8	0.06	0.14	0.09		292	233	160	155	324	154
17	2.01	0.09	0.8	0.06	0.15	0.09		292	232	160	156	322	154
18	2.02	0.09	0.76	0.06	0.15	0.09		293	232	162	155	322	154
19	2.01	0.08	0.79	0.06	0.15	0.09		293	231	161	155	322	154
20	1.93	0.09	0.8	0.06	0.15	0.08		295	231	161	155	322	160
21	1.99	0.09	0.8	0.06	0.14	0		293	232	160	155	325	0
22	2.02	0.09	0.8	0.06	0.09	0		293	232	160	157	147	0
23	2.02	0.09	0.75	0.14	0.09	0		293	232	164	322	153	0
24	2.01	0.09	0.05	0.15	0.09	0		293	228	155	322	148	0
25	1.91	0.78	0.06	0.15	0.09	0		296	158	155	321	151	0
26	0.1	0.8	0.06	0.15	0.09	0		231	160	154	321	152	0
Schelle													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	2.2	0.09	0.85	0.06	0.15	0.1		320	256	193	178	341	274
2	2.19	0.09	0.86	0.06	0.15	0.11		320	255	193	179	342	273
3	2.2	0.09	0.85	0.06	0.15	0.1		321	254	193	179	339	276
4	2.21	0.09	0.85	0.06	0.15	0.1		320	254	194	177	343	275
5	2.19	0.09	0.89	0.06	0.15	0.1		321	254	190	180	342	280
6	2.19	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		321	256	195	180	343	277
7	2.29	0.09	0.84	0.06	0.15	0.1		318	256	195	180	342	276
8	2.16	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		322	255	196	180	343	276
9	2.18	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		322	255	195	181	343	277
10	2.15	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		323	254	195	181	343	275
11	2.16	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		322	254	195	181	343	275
12	2.14	0.09	0.82	0.06	0.15	0.09		323	255	195	181	342	276
13	2.15	0.09	0.83	0.06	0.14	0.1		322	257	195	180	345	273
14	2.14	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		323	256	195	182	341	274
15	2.16	0.09	0.78	0.06	0.15	0.1		322	256	198	179	342	279
16	2.16	0.09	0.85	0.06	0.15	0.1		322	255	193	179	344	276
17	2.05	0.09	0.84	0.06	0.15	0.1		325	254	193	181	343	277
18	2.19	0.09	0.79	0.06	0.15	0.1		321	255	197	180	343	276
19	2.18	0.08	0.83	0.06	0.15	0.1		321	254	195	181	343	275
20	2.07	0.09	0.83	0.06	0.15	0.09		324	255	196	180	342	283
21	2.15	0.09	0.83	0.06	0.14	0		322	254	195	180	346	0
22	2.15	0.09	0.84	0.06	0.1	0		323	254	194	184	264	0
23	2.16	0.09	0.76	0.14	0.1	0		323	255	200	343	274	0
24	2.18	0.1	0.06	0.15	0.1	0		322	257	186	342	269	0
25	2.01	0.81	0.06	0.15	0.1	0		327	191	180	341	272	0
26	0.1	0.84	0.06	0.15	0.1	0		257	194	179	342	273	0
Schoonaarde													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	1.18	0.2	0.42	0.02	0.09	0.04		25	357	263	240	29	47
2	1.18	0.2	0.42	0.02	0.09	0.04		25	357	262	241	29	46
3	1.19	0.2	0.42	0.02	0.09	0.05		25	356	263	241	27	39
4	1.19	0.19	0.42	0.02	0.1	0.04		25	357	263	238	24	49
5	1.18	0.2	0.44	0.02	0.09	0.04		25	358	261	235	30	53
6	1.18	0.2	0.47	0.02	0.09	0.04		25	355	258	242	30	50
7	1.21	0.21	0.42	0.02	0.09	0.04		23	348	264	240	29	49
8	1.33	0.19	0.42	0.02	0.09	0.04		21	359	265	240	30	50
9	1.18	0.19	0.42	0.02	0.09	0.04		26	1	264	245	30	51
10	1.17	0.19	0.41	0.02	0.09	0.04		27	359	264	246	31	49
11	1.17	0.19	0.41	0.02	0.09	0.04		27	360	264	246	30	49
12	1.16	0.19	0.41	0.02	0.09	0.04		27	359	264	245	30	52
13	1.17	0.19	0.42	0.02	0.09	0.04		26	0	264	244	32	59

14	1.17	0.19	0.42	0.02	0.08	0.04		27	359	263	246	35	48
15	1.17	0.19	0.4	0.02	0.09	0.04		26	359	266	251	29	55
16	1.17	0.19	0.38	0.02	0.1	0.04		26	1	268	243	30	50
17	1.14	0.18	0.42	0.03	0.09	0.04		28	7	263	240	30	50
18	1.06	0.19	0.42	0.02	0.09	0.04		30	358	264	242	31	50
19	1.18	0.18	0.42	0.02	0.09	0.04		25	355	263	244	30	50
20	1.2	0.19	0.42	0.02	0.09	0.04		26	358	265	244	30	65
21	1.18	0.19	0.42	0.02	0.09	0		26	0	264	243	36	0
22	1.17	0.19	0.42	0.02	0.05	0		27	359	263	252	23	0
23	1.17	0.19	0.37	0.08	0.04	0		27	359	271	358	48	0
24	1.17	0.17	0.04	0.09	0.04	0		26	11	285	30	45	0
25	1.05	0.49	0.02	0.09	0.04	0		33	272	243	29	47	0
26	0.16	0.42	0.02	0.09	0.04	0		336	263	246	30	47	0
StAmands													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	1.96	0.17	0.73	0.05	0.13	0.08		339	284	215	192	355	331
2	1.96	0.17	0.74	0.05	0.13	0.09		340	283	215	193	355	330
3	1.96	0.17	0.73	0.05	0.13	0.09		340	282	215	193	353	330
4	1.97	0.17	0.73	0.04	0.13	0.08		340	283	215	191	354	332
5	1.95	0.18	0.76	0.05	0.13	0.08		340	284	213	192	356	336
6	1.95	0.18	0.75	0.05	0.13	0.08		340	282	214	194	356	333
7	2.03	0.17	0.72	0.05	0.13	0.08		338	280	216	194	356	332
8	2.02	0.17	0.72	0.05	0.13	0.08		339	285	218	193	357	332
9	1.94	0.17	0.72	0.05	0.13	0.08		341	286	217	195	357	333
10	1.93	0.17	0.71	0.05	0.13	0.08		342	285	217	196	357	332
11	1.93	0.17	0.72	0.05	0.13	0.08		342	285	217	196	356	332
12	1.92	0.17	0.71	0.05	0.13	0.08		342	285	217	195	356	333
13	1.92	0.17	0.72	0.05	0.13	0.07		341	286	216	195	359	332
14	1.92	0.17	0.72	0.05	0.12	0.08		342	285	216	197	357	331
15	1.93	0.17	0.69	0.04	0.13	0.08		341	285	219	196	356	337
16	1.93	0.16	0.7	0.05	0.13	0.08		341	287	218	194	358	332
17	1.85	0.18	0.73	0.05	0.13	0.08		344	288	215	194	356	334
18	1.87	0.18	0.7	0.05	0.13	0.08		343	284	218	194	357	333
19	1.95	0.15	0.72	0.05	0.13	0.08		340	284	216	196	356	332
20	1.88	0.17	0.72	0.05	0.13	0.07		342	284	218	195	356	340
21	1.93	0.17	0.72	0.05	0.13	0		341	285	217	194	1	0
22	1.92	0.17	0.73	0.05	0.1	0		342	285	216	200	310	0
23	1.93	0.17	0.65	0.08	0.08	0		342	285	222	299	331	0
24	1.94	0.17	0.1	0.13	0.08	0		341	292	282	356	326	0
25	1.78	0.82	0.05	0.13	0.08	0		347	227	194	355	329	0
26	0.17	0.73	0.04	0.13	0.08	0		273	216	194	356	330	0
Temse													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	2.17	0.12	0.84	0.06	0.14	0.1		327	261	201	183	346	298
2	2.17	0.11	0.84	0.06	0.14	0.11		327	260	201	184	346	297
3	2.17	0.11	0.83	0.06	0.15	0.1		328	258	201	184	344	298
4	2.18	0.12	0.83	0.06	0.15	0.1		327	259	201	181	346	299
5	2.17	0.12	0.88	0.06	0.14	0.1		328	260	198	184	347	304
6	2.16	0.12	0.83	0.06	0.14	0.1		328	260	202	185	347	301
7	2.26	0.11	0.82	0.06	0.14	0.1		325	260	202	185	347	300
8	2.17	0.12	0.81	0.06	0.14	0.1		328	261	204	184	348	299
9	2.15	0.12	0.82	0.06	0.14	0.1		329	262	203	186	347	300
10	2.13	0.12	0.81	0.06	0.14	0.1		330	260	203	186	348	299
11	2.13	0.12	0.81	0.06	0.14	0.1		329	260	203	186	347	299
12	2.12	0.12	0.81	0.06	0.14	0.09		330	261	203	185	347	300
13	2.12	0.12	0.82	0.06	0.14	0.1		329	263	203	185	350	298
14	2.11	0.12	0.82	0.06	0.14	0.1		330	262	202	187	347	297
15	2.13	0.12	0.77	0.06	0.14	0.1		329	261	205	185	346	303
16	2.14	0.11	0.81	0.06	0.14	0.1		329	263	202	184	349	299
17	2.03	0.12	0.83	0.06	0.14	0.09		332	261	201	186	347	301
18	2.12	0.12	0.78	0.06	0.14	0.1		329	260	205	185	348	300
19	2.15	0.1	0.81	0.06	0.14	0.1		328	259	203	186	347	298
20	2.05	0.11	0.81	0.06	0.14	0.09		331	260	204	185	347	307
21	2.13	0.11	0.82	0.06	0.14	0		329	260	203	184	351	0
22	2.13	0.12	0.82	0.06	0.09	0		330	260	202	189	275	0
23	2.14	0.12	0.74	0.11	0.1	0		329	261	208	347	298	0
24	2.15	0.12	0.03	0.14	0.1	0		328	266	181	347	293	0
25	1.98	0.78	0.06	0.14	0.1	0		334	198	185	346	296	0
26	0.14	0.82	0.06	0.14	0.1	0		270	202	184	346	297	0
Terneuzen													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	1.81	0.1	0.72	0.06	0.14	0.08		272	185	137	136	309	56
2	1.79	0.09	0.72	0.06	0.14	0.08		272	187	137	136	309	57
3	1.78	0.09	0.72	0.06	0.14	0.08		274	186	137	136	309	56
4	1.78	0.09	0.72	0.06	0.14	0.08		274	185	137	136	309	56
5	1.78	0.1	0.71	0.06	0.14	0.07		273	185	137	136	309	61

6	1.77	0.1	0.72	0.06	0.14	0.07		273	184	137	136	310	58
7	1.77	0.1	0.72	0.05	0.14	0.08		274	185	137	137	310	55
8	1.77	0.1	0.7	0.05	0.14	0.08		273	185	139	136	309	55
9	1.77	0.09	0.7	0.05	0.14	0.08		273	184	139	136	308	57
10	1.74	0.09	0.7	0.05	0.14	0.08		275	185	138	135	309	57
11	1.75	0.09	0.71	0.05	0.14	0.08		275	182	136	135	309	56
12	1.74	0.1	0.71	0.06	0.14	0.08		275	183	136	136	309	55
13	1.77	0.1	0.72	0.06	0.14	0.08		273	184	137	136	309	56
14	1.77	0.1	0.72	0.06	0.14	0.08		273	185	137	136	309	56
15	1.77	0.1	0.72	0.06	0.14	0.07		273	186	137	136	309	58
16	1.77	0.1	0.72	0.06	0.14	0.08		273	187	137	136	310	57
17	1.78	0.09	0.72	0.06	0.14	0.08		273	185	137	137	309	56
18	1.78	0.09	0.69	0.06	0.14	0.08		273	185	138	136	309	56
19	1.78	0.09	0.71	0.06	0.14	0.08		273	186	137	136	309	56
20	1.73	0.09	0.72	0.06	0.14	0.07		275	185	137	136	309	59
21	1.76	0.09	0.72	0.06	0.14	0		274	184	137	136	310	0
22	1.78	0.09	0.72	0.05	0.07	0		274	185	137	137	49	0
23	1.78	0.09	0.69	0.14	0.08	0		274	185	139	309	56	0
24	1.77	0.09	0.05	0.14	0.08	0		273	181	137	309	51	0
25	1.72	0.71	0.06	0.14	0.08	0		275	136	136	307	55	0
26	0.1	0.72	0.06	0.14	0.07	0		183	137	134	308	57	0
Vlissingen													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	1.68	0.1	0.67	0.06	0.14	0.07		263	170	126	128	303	17
2	1.65	0.1	0.67	0.06	0.14	0.07		265	170	126	128	303	17
3	1.65	0.1	0.67	0.06	0.14	0.07		265	169	126	128	303	17
4	1.64	0.1	0.67	0.06	0.14	0.07		265	169	126	128	303	17
5	1.64	0.1	0.67	0.06	0.14	0.07		265	169	126	128	303	22
6	1.64	0.1	0.67	0.06	0.14	0.07		265	168	126	128	305	16
7	1.64	0.1	0.67	0.06	0.14	0.08		265	169	126	130	304	16
8	1.64	0.1	0.65	0.06	0.14	0.07		265	169	129	128	303	17
9	1.64	0.09	0.66	0.06	0.14	0.07		265	168	127	127	303	18
10	1.61	0.1	0.67	0.06	0.14	0.07		267	168	126	128	303	17
11	1.63	0.1	0.67	0.06	0.14	0.07		265	167	126	128	303	17
12	1.64	0.1	0.67	0.06	0.14	0.07		265	168	126	128	303	16
13	1.64	0.1	0.67	0.06	0.14	0.07		265	169	126	128	303	17
14	1.64	0.1	0.67	0.06	0.14	0.07		265	169	126	128	303	17
15	1.64	0.1	0.67	0.06	0.14	0.07		265	169	126	128	303	17
16	1.64	0.1	0.67	0.06	0.14	0.07		265	169	126	128	304	17
17	1.64	0.1	0.67	0.06	0.14	0.07		265	169	126	129	304	17
18	1.64	0.1	0.66	0.06	0.14	0.07		265	169	127	128	303	17
19	1.64	0.1	0.67	0.06	0.14	0.07		265	168	126	128	303	17
20	1.62	0.1	0.67	0.06	0.14	0.07		265	169	126	128	303	19
21	1.64	0.1	0.67	0.06	0.14	0		265	169	126	128	304	0
22	1.65	0.1	0.67	0.06	0.07	0		265	169	126	129	5	0
23	1.64	0.1	0.65	0.14	0.07	0		265	169	127	303	17	0
24	1.64	0.1	0.06	0.14	0.08	0		265	166	128	303	12	0
25	1.61	0.67	0.06	0.14	0.07	0		266	123	128	302	18	0
26	0.11	0.67	0.06	0.14	0.07	0		170	126	126	303	17	0
Walsoorden													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	1.97	0.1	0.79	0.06	0.14	0.08		285	223	151	149	318	124
2	1.96	0.1	0.78	0.06	0.14	0.08		285	224	153	149	318	124
3	1.97	0.1	0.77	0.06	0.14	0.08		285	226	153	149	318	124
4	1.96	0.1	0.77	0.06	0.14	0.08		286	223	153	149	318	124
5	1.94	0.1	0.77	0.06	0.14	0.08		287	223	153	148	318	130
6	1.94	0.09	0.77	0.06	0.14	0.08		286	222	153	149	319	126
7	1.94	0.1	0.77	0.06	0.14	0.08		287	223	153	150	318	126
8	1.94	0.1	0.76	0.06	0.14	0.08		286	223	155	149	319	125
9	1.94	0.09	0.76	0.06	0.14	0.08		286	222	154	150	319	123
10	1.91	0.09	0.75	0.06	0.14	0.08		288	223	155	150	318	124
11	1.92	0.09	0.76	0.06	0.14	0.08		288	221	154	149	317	124
12	1.9	0.09	0.76	0.06	0.14	0.08		288	222	153	148	318	124
13	1.91	0.1	0.77	0.06	0.14	0.08		288	220	152	148	317	124
14	1.92	0.1	0.77	0.06	0.14	0.08		287	223	152	148	318	124
15	1.94	0.1	0.78	0.06	0.14	0.08		286	223	152	149	318	128
16	1.94	0.1	0.77	0.06	0.14	0.08		286	224	153	148	319	125
17	1.94	0.1	0.77	0.06	0.14	0.08		286	224	153	150	318	123
18	1.94	0.1	0.74	0.06	0.14	0.08		286	223	155	149	318	124
19	1.94	0.08	0.77	0.06	0.14	0.08		286	224	153	148	318	124
20	1.87	0.09	0.78	0.06	0.14	0.07		288	223	153	149	318	129
21	1.92	0.09	0.78	0.06	0.14	0		287	223	153	148	320	0
22	1.95	0.1	0.77	0.06	0.08	0		287	223	153	151	118	0
23	1.95	0.1	0.73	0.14	0.08	0		287	223	156	315	124	0
24	1.94	0.09	0.05	0.14	0.08	0		286	220	154	318	119	0
25	1.86	0.75	0.06	0.14	0.08	0		290	152	149	316	122	0
26	0.1	0.77	0.06	0.14	0.08	0		224	153	147	317	123	0

Wetteren													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	0.92	0.15	0.32	0.02	0.08	0.03		55	42	294	273	50	92
2	0.92	0.15	0.32	0.02	0.08	0.03		56	42	294	274	50	89
3	0.92	0.15	0.32	0.02	0.08	0.03		56	42	294	274	48	80
4	0.92	0.15	0.32	0.02	0.09	0.03		56	43	295	272	42	94
5	0.92	0.15	0.33	0.02	0.08	0.03		56	43	293	263	51	97
6	0.92	0.15	0.39	0.02	0.08	0.03		56	40	288	275	51	95
7	0.94	0.16	0.32	0.02	0.08	0.03		54	32	295	272	50	94
8	1.1	0.15	0.32	0.02	0.08	0.03		49	44	297	272	51	95
9	0.91	0.14	0.32	0.02	0.08	0.03		57	46	296	277	51	97
10	0.91	0.14	0.31	0.02	0.08	0.03		58	45	296	278	51	94
11	0.91	0.14	0.32	0.02	0.08	0.03		57	45	296	278	51	94
12	0.9	0.14	0.32	0.02	0.08	0.02		57	45	296	278	51	98
13	0.91	0.14	0.32	0.02	0.08	0.02		57	45	295	276	53	109
14	0.9	0.14	0.32	0.02	0.07	0.03		57	44	295	278	58	93
15	0.91	0.14	0.31	0.02	0.08	0.02		57	44	297	286	50	101
16	0.91	0.14	0.27	0.02	0.09	0.03		57	47	302	276	49	94
17	0.88	0.13	0.32	0.02	0.08	0.02		59	54	294	267	50	95
18	0.77	0.15	0.34	0.02	0.08	0.03		63	43	294	274	51	94
19	0.91	0.14	0.32	0.02	0.08	0.03		56	41	295	277	51	96
20	0.99	0.14	0.32	0.02	0.08	0.02		55	44	296	276	51	115
21	0.92	0.14	0.32	0.02	0.08	0		57	46	296	276	58	0
22	0.91	0.14	0.32	0.02	0.03	0		58	45	295	285	81	0
23	0.91	0.14	0.27	0.1	0.03	0		57	44	304	40	93	0
24	0.9	0.13	0.04	0.08	0.03	0		57	57	247	50	90	0
25	0.79	0.37	0.02	0.08	0.03	0		65	285	275	50	92	0
26	0.15	0.32	0.02	0.08	0.03	0		26	295	278	50	92	0
Zandvliet													
Run	M2	M4	S2	K1	O1	M6		M2	M4	S2	K1	O1	M6
1	2.09	0.09	0.83	0.06	0.15	0.1		296	231	165	158	325	176
2	2.08	0.09	0.84	0.06	0.15	0.1		297	231	165	159	326	175
3	2.09	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		297	231	166	160	326	176
4	2.1	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		296	230	167	160	326	175
5	2.08	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		297	229	168	160	326	181
6	2.07	0.08	0.81	0.06	0.15	0.1		298	228	167	160	327	178
7	2.07	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		299	228	167	161	326	177
8	2.06	0.09	0.8	0.06	0.15	0.1		298	229	169	160	327	177
9	2.06	0.09	0.8	0.06	0.15	0.1		298	227	168	161	327	178
10	2.03	0.08	0.79	0.06	0.15	0.1		300	228	168	161	327	176
11	2.04	0.08	0.8	0.06	0.15	0.1		299	226	168	162	326	175
12	2.02	0.09	0.79	0.06	0.15	0.1		300	228	168	161	325	176
13	2.03	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		299	228	167	160	325	176
14	2.02	0.09	0.81	0.06	0.15	0.1		300	228	166	159	326	176
15	2.04	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		299	229	165	160	326	180
16	2.06	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		298	231	166	160	327	177
17	2.06	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1		297	230	166	161	326	177
18	2.07	0.09	0.77	0.06	0.15	0.1		298	230	169	160	326	176
19	2.07	0.08	0.81	0.06	0.15	0.1		298	228	167	160	326	176
20	1.98	0.08	0.82	0.06	0.15	0.09		300	229	167	160	326	183
21	2.05	0.08	0.82	0.06	0.14	0		298	229	167	160	328	0
22	2.07	0.08	0.82	0.06	0.1	0		299	229	167	163	166	0
23	2.07	0.09	0.76	0.14	0.1	0		298	230	171	327	176	0
24	2.06	0.09	0.05	0.15	0.1	0		298	226	162	326	171	0
25	1.96	0.78	0.06	0.15	0.1	0		302	165	160	325	174	0
26	0.09	0.82	0.06	0.15	0.1	0		229	167	158	325	175	0



**Waterbouwkundig Laboratorium**

*Flanders Hydraulics Research*

Berchemlei 115

B-2140 Antwerpen

Tel. +32 (0)3 224 60 35

Fax +32 (0)3 224 60 36

E-mail: [waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be](mailto:waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be)

[ww.watlab.be](http://ww.watlab.be)